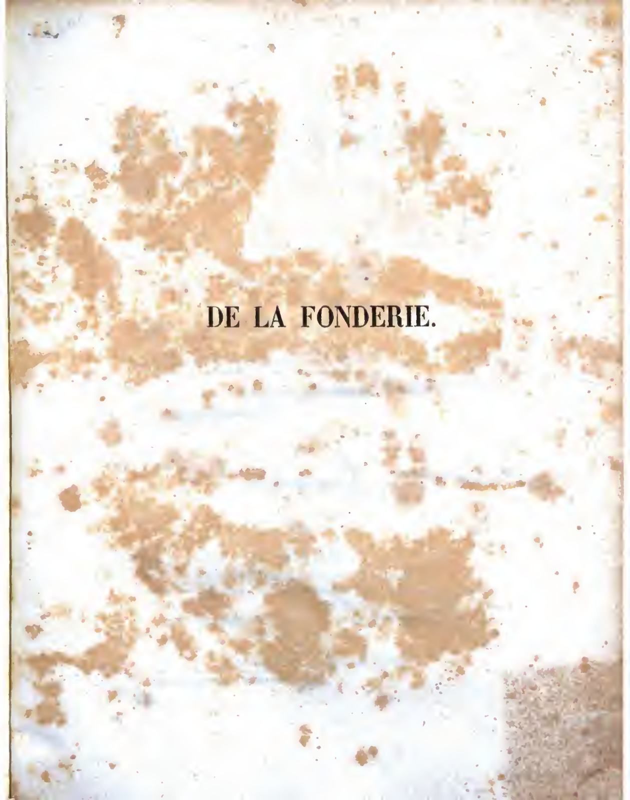




DE LA FONDERIE.

ANGERS, IMPRIMERIE DE COSNIER ET LACHÈSE.

DE

LA FONDERIE,

TELLE QU'ELLE EXISTE AUJOURD'HUI EN FRANCE,

ET

DE SES NOMBREUSES APPLICATIONS

A L'INDUSTRIE.

Cet ouvrage contient toutes les données nouvelles relatives à l'art du fondeur, pour la mise en fusion de la fonte de fer, de cuivre et de ses alliages, etc., etc. — Il traite d'une manière étendue, la production de la fonte moulée dans les hauts fourneaux, travail qui reçoit tous les jours une plus large extension. — Il donne toutes les notes utiles pour la création du matériel des fonderies, pour le moulage de toutes espèces de pièces, et enfin pour l'organisation et l'administration des usines où sont fabriqués les objets fondus. — Un atlas de onze planches dessinées et réduites avec soin, est joint au texte dont les explications peuvent suffire à la mise en œuvre de toutes les constructions.

PAR A. GUETTIER,

ANCIEN DIRECTEUR DE HAUTS FOURNEAUX, FONDERIES ET ATELIERS DE CONSTRUCTIONS,
CHEF DE LA FONDERIE ET PROFESSEUR A L'ÉCOLE ROYALE D'ARTS ET MÉTIERS D'ANGERS,
MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE CETTE VILLE, ETC., ETC.





PARIS.
CHEZ CARILIAN-COEURY ET DALMONT,
LIBRAIRES DES CORPS ROYAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES, QUAI DES AUGUSTINS.
ANGERS.
CHEZ COSNIER ET LACHÈSE, IMPRIMEURS-LIBRAIRES,
RUE CHAUSSÉE-SAINT-PIERRE.
METZ.
CHEZ Mme THIEL, LIBRAIRE DES ÉCOLES.

1844.

A M. Vincent,

Ingénieur de la Marine, Officier de la Légion-d'Honneur, Examinateur des Écoles royales d'Arts et Métiers.

MONSIEUR,

Il y a quelques années quand je dus mettre la première main à cet ouvrage, je m'empressai de vous exprimer combien j'aurais de plaisir à vous en faire l'offre, et comme un de vos anciens élèves et comme un des premiers parmi ceux qui ont été à même d'apprécier les importantes innovations que vous avez introduites dans les écoles, et le vif intérêt que vous portez à l'industrie.

C'est à ce double titre que je viens aujourd'hui vous prier de vouloir bien accepter l'hommage de mon livre, espérant que vous l'accueillerez avec votre indulgence ordinaire.

J'ai l'honneur d'être, Monsieur, avec un profond respect,

Votre très-humble et dévoué serviteur,

A. GUETTIER.

AVANT-PROPOS.

La lecture de cet ouvrage devra, nous l'espérons, en justifier le titre. — Le grand nombre de données peu connues que plusieurs années passées au milieu des usines les plus importantes nous ont permis de recueillir, pourra suffire pour donner une appréciation exacte de la position actuelle de l'art du fondeur sur métaux, art qui touche à présent d'aussi près à toutes les grandes industries et dont l'extension, grâce aux nouveaux moyens de navigation et de locomotion, a dû acquérir une importance dont les limites quelqu'élevées qu'elles soient, sont loin d'être déterminées, puisqu'elles sont liées de la manière la plus intime à toutes les grandes questions industrielles qui sont aujourd'hui à la remorque aussi rapide qu'irrésistible du progrès.

Il est certain que quels que soient les efforts que nous ayons pu faire pour nous procurer tous les renseignements relatifs aux procédés nouveaux et utiles dont la publication eurait pour but d'éclairer les travaux si arides de la fonderie et d'améliorer leurs résultats, nous avons dû en laisser échapper quelques-uns qui, nous le regrettons, resteront peut-être long-temps encore renfermés dans les usines où ils ont pris naissance. Toutefois, notre ouvrage, sauf quelques chapitres de la première partie, qui ont de l'analogie avec ceux de divers traités publiés antérieurement, est entièrement neuf, et nous pouvons poser que peu d'industriels ont été plus à même que nous de visiter une plus grande quantité d'usines et de constater personnellement des faits aussi nombreux.

Mais si nous étions inspirés par le désir de faire connaître les perfectionnements que la fonderie a atteints jusqu'à nos jours, nous ne pouvions oublier qu'il n'existait aucun traité spécial donnant en quelque sorte l'encyclopédie complète de toutes les branches de cette industrie. Le seul ouvrage auquel il était possible d'avoir recours pour se renseigner sur les travaux longs et minutieux de la fonderie, était le manuel de la métallurgie du fer de Karsten; car nous ne pouvons citer le manuel du fondeur de Launay, dont la majeure partie est consacrée à des explications tout autres qu'à celles des travaux du fondeur. Or le manuel de la métallurgie de Karsten, bien qu'il soit l'œuvre d'un savant consciencieux, et bien qu'il ait été rendu de la manière la plus exacte et la plus heureuse par la traduction de M. Culmann, est rédigé dans un style concis, parce qu'il embrasse à la fois la fabrication de la fonte, du fer et de l'acier. Le peu de mots ajoutés à la fin de la 2e partie de cet ouvrage ne peuvent suffire pour donner une idée exacte des opérations du moulage, et les détails concernant le travail

des hauts fourneaux se rattachent plutôt à la production des fontes à fer qu'à celle des fontes moulées. — D'après ce que nous venons de dire, pour établir une chaîne entre les anneaux de laquelle il nous fût possible d'intercaler les améliorations, les méthodes et les idées nouvelles, nous avons dû donner à notre rédaction la direction qui convenait à celle d'un manuel destiné à éclairer toutes les personnes qui s'occupent de la fonderie en métaux. De là, l'extension qu'il nous a fallu accorder à notre première partie qui traite de la fonte des métaux. Bien que déjà connue par l'excellent ouvrage que nous venons de citer et par ceux de M. Walter, de MM. Flachat, Barrault, et Petiet, etc., etc., la production de la fonte de fer en première fusion devra présenter un but vraiment utile, en ce que nous avons eu soin de nous occuper, avant tout, des produits destinés au moulage, et de la fabrication au charbon de bois sur laquelle repose la marche des principales fonderies. Mais ce qui manquait réellement, c'étaient des notes sur le matériel et sur l'organisation des fonderies, des données méthodiques sur le moulage des objets en fonte de fer et en cuivre, etc., etc. Notre deuxième partie remplira, nous l'espérons, la lacune qu'il était si important de combler, et nous serons récompensés au-delà de nos vœux, des recherches longues et quelquefois pénibles qu'a nécessitées le travail que nous avons entrepris, si son utilité peut être appréciée par les hommes spéciaux.

Il nous reste à désirer qu'on n'ait pas à nous reprocher l'annonce peut-être un peu prétentieuse de notre livre, les principaux motifs qui nous ont dirigés étant ceux-ci : relever dans l'esprit national une industrie qui est appelée à marcher aujourd'hui au premier rang; engager par cette première tentative, les hommes d'une expérience et d'un talent supérieurs à faire connaître les résultats de leurs travaux et à constater les nouveaux progrès de la fonderie. Si cette dernière condition est remplie, notre titre aura bientôt besoin d'être remplacé par un autre, mais nous aurons la consolation, sinon d'avoir occupé long-temps les lecteurs, du moins d'avoir provoqué des choses utiles en ouvrant une voie sur laquelle il y a encore tant à faire.

Notre intention n'est pas du reste de nous borner à ce premier travail; nous avons l'espoir d'y revenir un jour, aussi bien que sur plusieurs autres branches de l'industrie, qui comme nous l'avons dit, se donnent la main avec celle-ci. Ce sera donc pour nous un véritable plaisir de recevoir toutes les communications avantageuses et toutes les observations utiles qui nous seront adressées.

DE LA FONDERIE EN GÉNÉRAL.

—

1. — La fonderie qui remonte à une époque extrêmement reculée et dont les progrès (surtout ceux de la fonderie de fer) ne sont devenus sensibles que depuis quelques années, est susceptible encore de nombreuses améliorations.

Nous n'essaierons pas de faire l'histoire de l'art du fondeur, art qui a pris naissance avec les premiers besoins des hommes et qui comme la plupart des autres industries d'une date ancienne a marché lentement, s'est arrêté tout-à-coup, puis a repris son cours pour arriver au point où nous le voyons aujourd'hui.

2. — Notre but dans ce traité, devant être d'indiquer et de démontrer les changements notables survenus dans l'art du fondeur, nous ferons nos efforts pour présenter à nos lecteurs l'état actuel de cette industrie, bien convaincus cependant que notre ouvrage n'offrira pas longtemps le mérite de la nouveauté, parce que nous prévoyons pour l'avenir, de nouvelles révolutions dans la fonderie, qui bien évidemment, est loin d'avoir atteint le but qui lui est réservé.

Il n'est facile de s'expliquer la lenteur des progrès de cette industrie, qu'en considérant les chances énormes qu'ont à courir ceux qui voudraient se livrer à des essais qui occasionnent toujours de nombreuses dépenses.

3. — Pour que l'on puisse imprimer à la fonderie une marche plus rapide que celle qui lui a été donnée jusqu'alors, et pour que des essais importants soient suivis avec tout le soin et toute la précision qu'ils nécessitent, peut-être serait-il utile que le gouvernement fondât à ses frais et avec l'aide d'industriels capables, une usine d'essais. — Il est bien entendu que toute proposition de nouvelle méthode ou de nouveau système, serait soumise au préalable à un conseil de surveillance qui, après discussion, se déciderait suivant ses avantages ou son peu d'importance à l'autoriser ou à la rejeter.

La création de cet établissement serait sans doute le seul moyen d'empêcher les frais ruineux que provoquent tous les jours des essais faits dans une usine en pleine activité; nous citerons pour preuve, les changements qu'on voudrait faire subir, dans sa marche, à un haut fourneau alimentant une usine de moulerie où la fonte doit toujours être d'une excellente qualité et constamment la même pour le but spécial auquel elle est destinée. — Il est évident que par quelques changements faits au haut fourneau, cette qualité de fonte ne se trouvera plus la même et que par suite le travail des ouvriers sera arrêté, l'exécution des commandes suspendue, etc.; en outre, le propriétaire éprouvera une perte réelle par la différence que lui donnera une fonte qui ne devra plus servir que pour les usines

à fer ou pour la deuxième fusion, tandis qu'il l'aurait employée beaucoup plus utilement en moulages.

4. — Nous répétons donc que tous les essais dans les établissements de fonderie exploités par des particuliers, doivent être bannis, si ceux-ci veulent travailler pour leur fortune, parce que ces essais entraînent infailliblement des dépenses trop considérables.

Quels que soient les prix proposés par les Sociétés d'encouragement pour ces tentatives d'améliorations, les bénéfices des récompenses accordées resteront toujours au-dessous des frais occasionnés pour parvenir à une bonne réussite.

Cependant, nous sommes bien loin de vouloir nous prononcer contre les essais de tous genres, et nous n'avons entendu parler jusqu'à présent que de ces essais sur lesquels on ne peut bâtir que par hypothèse et dont la réussite est incertaine, de ces essais dont la haute portée pourrait peut-être jeter une lumière toute nouvelle sur l'art du fondeur, et amener des changements d'une importance reconnue, mais qu'il est trop coûteux d'entamer. Sans doute il est facile sans attaquer la base elle-même, d'améliorer à la longue et par degrés, et par suite d'opérer ainsi une réaction utile; ce genre d'essais est moins dispendieux, plus à la portée de tout le monde, et nous pensons que sous ce rapport, on ne doit pas craindre d'encourager les moteurs d'idées nouvelles dont l'exécution produirait une amélioration sensible.

5. — Pour bien comprendre jusqu'à quel point la fonderie a besoin de principes tout nouveaux, il suffira d'examiner avec soin dans le cours de cet ouvrage quelles sont les chances incalculables qui attendent le fondeur dans son travail, à combien d'erreurs peuvent l'entraîner la bonne ou la mauvaise qualité des matières dont la fusion, le mélange, etc., doivent exiger une surveillance et des précautions sans nombre, à quel point enfin il faut estimer les difficultés du moulage, quand un ouvrier qui pendant dix ans a exécuté les mêmes objets, peut à peine répondre du bon résultat d'un moule qu'il aura fait. Toutefois nous sommes loin d'avoir la prétention d'éloigner dès à présent toutes les chances do réussite que peut rencontrer le fondeur et nous nous efforcerons de prouver quand nous traiterons ce sujet important, que tous les moyens efficaces qui ont été employés pendant ces derniers temps pour arriver à de bons résultats, ont amené sinon une perfection complète, du moins une fabrication plus sûre et plus belle qu'autrefois.

Après ces réflexions préliminaires, nous n'irons pas plus loin sans donner la définition de l'art du fondeur.

6. — L'art du fondeur consiste à produire sous leurs diverses formes, avec des matières données, tous les modèles qui peuvent se présenter. Nous nous occuperons spécialement de la fonderie en fer et de la fonderie en cuivre, les deux branches principales de cet art.

La fonderie de fer qui prend tous les jours une nouvelle extension quoiqu'elle ne soit pas encore parvenue au degré de perfectionnement qu'elle doit atteindre, s'accroît aux dépens de la fonderie en cuivre. Une foule d'objets fabriqués anciennement en cuivre sont coulés aujourd'hui en fonte de fer, et ils sont d'un usage aussi avantageux, souvent meilleur, toujours moins coûteux.

On peut distinguer deux classes d'usines pour la fonderie de fer: 1° Les fonderies où la fonte provenant du traitement direct des minerais de fer est dite de première fusion; ce travail a lieu dans les *hauts fourneaux*.

2° Les fonderies où la fonte coulée et disposée dans les hauts fourneaux en masses appelées gueuses ou saumons, est refondue en deuxième fusion dans des fourneaux disposés à cet effet. Ces fourneaux prennent les noms suivant les circonstances et les besoins du fondeur, de *Wilkinsons ou Cubilots, de fours à réverbères, fours au creuset*, etc., etc.

La fonderie de cuivre et celle en alliages du cuivre avec l'étain, le zinc, etc., étaient connues par les anciens dès le commencement des âges.

Comme la fonderie de fer, la fonderie de cuivre forme deux parties distinctes :

1° La fonderie spécialement destinée à la production du cuivre en lingots ou saumons de cuivre rouge appelé aussi dans le commerce cuivre neuf ou rosette; cette partie ne rentrant pas dans l'art du fondeur, entièrement consacré aux moulages, nous nous contenterons d'en donner quelques détails très courts en son lieu.

2° La fonderie qui consiste à allier le cuivre neuf avec d'autres métaux, comme l'étain, le zinc, le plomb, etc., pour former le cuivre laiton, le similor, le bronze, le métal de cloches, etc., etc. Nous nous occuperons principalement de la fonderie en cuivre dont les produits sont d'un usage général dans les constructions et dans l'industrie des machines. — Les alliages destinés à ces travaux sont ordinairement préparés dans les fours à réverbère, dans les fours au creuset et quelquefois dans les cubilots où nous avons fait nous-même des essais convenables.

7. — L'art du fondeur comprenant à la fois le moulage et la mise en fusion des différentes matières qu'il emploie, nous allons indiquer dès à présent à nos lecteurs, à peu près et en somme la marche de notre ouvrage.

Notre première partie traitera d'abord de la mise en fusion de la fonte dans les fonderies de fer, travail dont les opérations sont divisées comme nous l'avons dit, en deux parties, savoir : le travail des hauts fourneaux et le travail des cubilots, des fours à réverbères et des fours à creusets.

Elle se terminera par quelques données sur les opérations en grand, concernant la production première du cuivre, de l'étain, du zinc et du plomb; et par l'exposé des travaux nécessaires pour la mise en fusion du cuivre et de ses alliages en ce qui a rapport à la fabrication des objets moulés.

Notre deuxième partie s'étendra spécialement sur le moulage de la fonte de fer, en première et en deuxième fusion, sur le moulage de la fonte de cuivre, etc., etc.

Nous comprendrons dans cette partie, l'établissement des modèles, châssis, outils, ustensiles et machines formant le matériel ordinaire des fonderies.

Nous indiquerons dans quelques chapitres plusieurs appareils et procédés récemment inventés ou perfectionnés, et qui sont d'une application avantageuse dans les fonderies.

Enfin nous terminerons notre travail en donnant toutes les notes utiles pour la création et l'administration d'une usine composée de hauts fourneaux et de Wilkinsons, savoir : les règlements, les engagements d'ouvriers, de voituriers, etc., etc., la comptabilité d'usine, etc., etc.

8. — Pour achever ces explications sommaires, nous indiquons la classification en six séries distinctes, des objets que l'on coule le plus ordinairement dans les fonderies, soit en fonte de fer, soit en fonte de cuivre, nous réservant de donner à la fin de cet ouvrage un tableau comparatif du prix de ces objets.

Voici comment nous établissons ces six séries :

1° Les pièces destinées à la construction mécanique, telles que cylindres creux et massifs, volants, engrenages, poulies, bâtis, supports, etc., etc., pour les machines à vapeur, les filatures, les moulins, les machines d'agriculture, etc., etc., et les pièces pour les arts chimiques, etc., etc., telles que chaudières, cylindres pour la soude, cornues pour le gaz, etc., etc.

2° Les monuments, les statues, les colonnes, les candelabres, etc., destinés à l'embellissement des grands édifices, des places et des jardins publics, etc.

3° Les bouches à feu, les bombes, et en général tous les projectiles servant à l'artillerie.

4° Les cloches, les mortiers, et toutes les pièces régulières qui peuvent se mouler en terre, à la trousse.

5° Tous les ustensiles de ménage, tels que marmites, casseroles, chaudières, coquilles, fourneaux et grilles à bois et à houille, etc.

6° Tous les objets qui servent à la construction et à l'embellissement des maisons, tous ceux qui sont d'un usage ordinaire ou exceptionnel et qui ne sont pas compris dans les cinq premières séries, tels que les tuyaux de conduite, de fontaine et de descente, les lances, les chapiteaux, les pommes de pins, etc., pour grilles et balustrades, les balcons, les panneaux, et tous les ornements de bâtiments, les boîtes de roues, les poids d'horloge, les poids à peser, les grilles d'égout, les enclumes des maréchaux et des serruriers, etc., etc.

Parmi les objets indiqués aux séries nos 1, 2, 3, 4 et 6 il en est quelques-uns qui ressortent spécialement de la fonderie en cuivre, mais la plus grande partie, et entièrement la série n° 5 sont dépendantes de la fonderie en fer.

Première Partie.

DE LA FONDERIE DE FER.

9. — La fonderie de fer qui est d'une date beaucoup plus nouvelle que la fonderie de cuivre, est par conséquent bien moins avancée que cette dernière.

Les circonstances extraordinaires qui accompagnent la fusion et la jetée en moule de la fonte de fer, ne sont pas encore bien positivement comprises et elles réclament plus que jamais l'intérêt et les soins du praticien. Les grands résultats qu'a produits pendant ces dernières années la fabrication de la fonte coulée, sont encore loin d'avoir atteint la perfection que cette importante industrie nous promet.

10. — Comme nous l'avons dit dans notre introduction, la fonderie de fer devient tous les jours d'un usage plus général et elle s'accroît en réduisant les produits de la fonderie de cuivre, sur laquelle elle a des avantages évidents.

La fonte de fer est plus dure que le cuivre. Elle peut donc être employée dans la construction des machines à une foule d'objets qui subissent un frottement considérable.

Elle est aussi moins fusible. Elle peut donc servir pour toutes les pièces qui

doivent supporter une forte température, par exemple, pour les cornues à faire le gaz, les canules à distiller les os, les pots à faire le noir animal, etc.

Elle a une plus grande expansion et un moins grand retrait en se figeant. Elle peut donc reproduire des objets plus délicats que le cuivre.

C'est à cette propriété que l'on doit ces ornements si nets et si bien soignés qui parent les maisons, les places et les jardins publics, etc., etc. Les statues coulées pour les fontaines de Paris, par MM. *Calla* et *A. Muel*, démontrent que la fonderie de fer peut partager dès aujourd'hui avec la fonderie de cuivre, la reproduction des ouvrages de nos artistes. Les impressions reçues par la fonte de fer sont tellement parfaites, qu'elles peuvent conserver au sculpteur son œuvre intacte et à l'abri du burin du ciseleur.

Enfin, par la dernière et la meilleure raison de toutes, le fer fondu l'emporte sur le cuivre, à cause de son prix beaucoup moins élevé. Le fer coulé est aujourd'hui vendu à si bon compte dans nos usines françaises, qu'il peut remplacer avantageusement le bois et la pierre dans un grand nombre de circonstances.

11. — Les auteurs qui ont écrit les meilleurs ouvrages sur l'industrie du fer, ont choisi principalement leurs exemples dans les usines de l'étranger, et ont dit peu de chose sur les fabriques françaises produisant la fonte en moulage. — Nous rechercherons surtout nos renseignements dans les fonderies de la Champagne, de la Lorraine, de la Franche-Comté et de l'Alsace, où la perfection de l'art du moulage a été poussée plus loin qu'en aucun autre lieu de la France; on peut en juger par les nombreux produits que ces usines expédient chaque jour sur tous les points.

Parmi les nombreuses usines où nous avons recueilli des exemples et des observations, nous pouvons citer les hauts fourneaux et fonderies de Tusey, de Dammemarie, de l'Abbaye d'Evaux, de Montiers-sur-Saulx et de Morlay (Meuse); ceux du Val d'Osne, de Joinville et de Bussy près Joinville (Haute-Marne); ceux de Vrécourt, d'Attignéville et de Villouxel (Vosges); ceux de Varigny, de Loulans et de Larians (Haute-Saone); ceux de Niederbronn (Haut-Rhin) et de Hayange (Moselle). Et en dehors des usines qui font une spécialité de la fonte moulée et coulée en première fusion, nous ajouterons encore les grandes fonderies du Creusot et celles de la marine à Indret; les fonderies de Chaillot et de Charenton, toutes deux près de Paris et aujourd'hui suspendues; quelques-unes des principales fonderies de Paris, telles que celles de MM. Thiébaut, Cavé, Pict, Estilbaum, etc., etc., etc.

12. — Il est maintenant peu de hauts fourneaux en fonte moulée qui ne soient aidés dans leur travail, par des fours à refondre; ces fours qui sont ordinairement des Wilkinsons ou Cubilots, sont indispensables :

1° Pour l'emploi des bocages ou fontes provenant des objets non réussis.

2° Pour pouvoir couler des grosses pièces qui demandent plus de fonte que l'ouvrage des hauts fourneaux ne peut en contenir.

3° Pour couler certains objets avec des qualités de fontes que la première fusion ne peut pas produire.

4° Pour remplacer momentanément le travail des hauts fourneaux pendant l'intervalle causé par les mises-hors.

13. — *Quelques-unes des propriétés de la fonte de fer.* — Avant d'aborder la section qui devra traiter des hauts fourneaux, nous mentionnerons tout d'abord quelques-unes des principales propriétés de la fonte de fer. — Bien que pour traiter ce sujet d'une manière convenable, il nous soit nécessaire d'aborder des détails qui ne deviendront parfaitement explicites qu'après la lecture de notre première partie, nous ne croyons pas pouvoir mieux placer qu'en cet endroit les données qui vont suivre, sans lesquelles la marche de nos explications aurait quelque chose d'incertain.

14. — La fonte étant chauffée se dilate, et si l'on redouble l'action du feu elle entre en fusion. Elle jouit alors d'une propriété d'expansion qui la fait s'étendre partout où elle trouve des issues, c'est pourquoi les contours des objets coulés sont formés aussi exactement lorsqu'elle est coulée parfaitement chaude.

La propriété d'augmentation de volume de la fonte coulée, lorsqu'elle commence à refroidir, est plus considérable dans la fonte grise que dans la fonte blanche.

D'après cette propriété, il ne faut pas nier cependant que le fer coulé soit susceptible de retrait ; car si l'expansion existe lorsque la fonte en pleine fusion est versée dans un moule, il doit y avoir néanmoins contraction comme pour tous les autres corps, quand le refroidissement a lieu.

Le retrait de la fonte pour les objets coulés est ordinairement de dix à douze millimètres par mètre, sur les trois dimensions. Des dispositions particulières dans la forme des pièces à couler, peuvent seules modifier cette loi générale ; nous les indiquerons dans notre deuxième partie qui traitera du moulage.

15. — Outre le retrait, le fer cru subit encore lorsqu'il se refroidit, un tassement d'autant plus nuisible que les pièces sont plus massives. — Ce tassement qui est moins fort cependant que celui du cuivre, de l'étain, du plomb, du zinc, etc., peut s'éviter si l'on a soin de garnir les objets à couler, de jets et d'évents suffisants par leur pression, pour nourrir les endroits qui pourraient se tasser facilement. — Le tassement de la fonte blanche, lorsqu'elle est chaude, est plus grand que celui de la fonte grise ; ce fait provient de ce que la fonte blanche peut atteindre un degré de chaleur dépassant celui de la fonte grise,

d'une manière pour ainsi dire factice ; mais elle redescend promptement à une température plus basse. — C'est alors que l'effet de cet abaissement de température devenant plus sensible dans les parties minces et sur les contours des objets, l'affaissement s'opère vers le milieu dans les endroits les plus épais et les plus massifs. — Cette circonstance devient d'une explication facile si l'on considère le tassement bien connu du cuivre, de l'étain, du zinc, etc., etc., métaux qui acquièrent une grande liquidité à la fusion, mais dont le refroidissement a lieu avec beaucoup de promptitude.

16. — La dilatation de la fonte est de $\frac{1}{[illegible]}$ de sa longueur par un degré de chaleur (*m^{or} g^{al} Roy*). — Les expériences de MM. *Dulong* et *Petit* ont amené que le fer se dilatait de 0° à 100° de 0,001182 et de 100° à 300° de 0,00445. — *Rinmann* a trouvé que la fonte se dilate de $\frac{1}{560}$ en passant du rouge brun au blanc et de $\frac{12}{500}$ en passant de la température ordinaire à la chaleur blanche. — Sans discuter l'opinion de ces savants, il sera peut-être utile de constater l'expérience suivante faite avec soin sur des poutres en fonte de fer destinées à un pont tournant ; ces poutres avaient une longueur de 12 mètres et 0,05 d'épaisseur et elles étaient disposées sur des chantiers où elles recevaient toute l'action du soleil ; à midi, où la température était de 20°, elles s'étaient allongées de $0{,}012^{mill.}$ depuis 9 heures du matin où la température était de 14°. — Ce résultat donnerait un accroissement de 0,001 de la longueur totale pour une élévation de température de 6°. — Nous n'insisterons pas sur ce qu'un tel fait offre de concluant, lorsqu'il est recueilli surtout sur des pièces d'aussi grandes dimensions.

17. — On estime que la fusion de la fonte a lieu entre 130 et 150° *Wedgwood*, ce qui correspondrait à 9860 et 11300° centig. ; mais il est permis de penser que ces observations sont tout à fait inexactes et que la fusion du fer cru est obtenue au-dessous de 1500° centig. ; puisque la fonte blanche est fondue ordinairement au point où le fer forgé acquiert la chaleur blanche suante (1).

---

(1) D'après M. *Pouillet*, la chaleur que prend un corps plongé dans un foyer est de :

525°	cent.	pour le rouge naissant.
700 »	»	pour le rouge sombre.
800 »	»	pour le cérise naissant.
900 »	»	pour le cérise.
1000 »	»	pour le cérise clair.
1100 »	»	pour l'orange foncé.
1200 »	»	pour l'orange clair.
1300 »	»	pour le blanc.
1400 »	»	pour le blanc éclatant.
1500 »	»	pour le blanc éblouissant ou soudant.

Ces résultats tendraient à confirmer le fait que nous avançons.

Aussi l'emploi du pyromètre de Wedgwood (1) n'est-il réellement avantageux qu'en ce qu'il peut servir à reproduire une température égale à celle déjà obtenue et qui a été reconnue bonne par la pratique.

La fonte blanche, comme nous l'avons dit, arrive plus tôt au point de fusion que la fonte grise; mais cette dernière est susceptible de conserver plus de liquidité et de comporter une plus forte dose de calorique.

18. — On peut adopter dans la pratique, les chiffres suivants indiquant la pesanteur spécifique de la fonte à différents états :

	Pesanteur spécifique.	Poids du mètre cube.
Fonte noire à gros grains.	7, 00	7000 kilog.
Fonte grise à grains plus serrés. . .	7, 207	7207
Fonte blanche.	7, 500	7500
Fonte blanche approchant du fer forgé.	7, 800	7800

Ces nombres présentent assez d'exactitude pour servir aux calculs qui doivent déterminer le poids des pièces d'après leur volume.

19. — La fonte grise est un peu élastique, un peu flexible, un peu ductile, un peu malléable; la fonte blanche ne possède aucune de ces qualités.

La tenacité des corps se mesurant par la traction, par la torsion, par la pression appliquée dans le sens horizontal pour amener la courbure, et par la pression donnée verticalement pour provoquer l'écrasement, la fonte grise l'emporte évidemment sur la fonte blanche dans les trois premières circonstances; mais celle-ci supporte plus facilement la pression dans le sens vertical parce qu'elle ne plie pas. Cependant sous l'influence d'un trop grand poids elle s'écrase et se réduit en poussière ou en fragments.

Il est certain que, par suite du tassement dont nous avons parlé, la fonte coulée dans une position verticale offrira une tenacité plus grande que si elle était coulée horizontalement; cette précaution sera toutefois moins utile pour la fonte blanche dont les molécules ne peuvent former la liaison intime qui constitue la tenacité.

Par toutes ces raisons, on doit éviter l'emploi de la fonte blanche dans les constructions, pour des objets qui doivent offrir de la résistance; mais il est plus avantageux d'exécuter avec cette fonte les colonnes et les piliers qui, placés verticalement, doivent supporter de lourds fardeaux.

(1) On sait que le pyromètre de Wedgwood est un instrument composé de deux règles en cuivre qui s'inclinent suivant un certain angle, formant une rainure dans laquelle on introduit un cylindre d'argile qui a été soumis à la température du foyer sur lequel on opère.

L'emploi du pyromètre de Wedgwood est fondé sur la propriété qu'éprouve l'argile, de se retirer lorsqu'elle est soumise à l'action de la chaleur, et cela d'une manière proportionnelle avec l'accroissement de la température.

Le degré du pyromètre de Wedgwood, correspond à environ 500 ° et chaque degré est égal à 72°.

20. — La résistance de la fonte grise dépasse de 1/2 à 2/3 celle de la fonte blanche. — D'après les essais de *Trégold*, un barreau de bonne fonte grise ou mêlée peut supporter sans aucune autre altération que celle d'un allongement de 0,00083 sur sa longueur, un poids de 10 kilog. 73 par millimètre carré. — Il résulte d'expériences que nous avons faites il y a quelques années, à l'usine royale d'Indret, que des barres carrées de fonte de 0,033 de côté, étaient rompues sous un poids de 12100 kilog. — Ce chiffre représente la moyenne de plusieurs expériences répétées avec soin; il donne un résultat de 11 kilog. 09 par millimètre carré, qui s'éloigne peu de celui communiqué par Trégold. — Nous ferons observer que les essais avaient lieu sur des barres coulées dans une position verticale, circonstance favorable au tassement. — Il est d'ailleurs certain que la résistance de la fonte doit augmenter en raison directe de la grosseur des barres, et qu'une des causes principales parmi celles qui doivent s'opposer à la tenacité de ce métal, sont les cavités ou soufflures causées par le développement des gaz, lesquelles viennent se loger à l'intérieur des objets coulés et en altérer la solidité.

La fonte blanche caverneuse ou lamelleuse produite à la suite de plusieurs fusions répétées ou après un dérangement complet du haut fourneau, peut être rompue par le faible poids de 2 à 3 kilog. par millimètre carré. On pourrait en conclure que la résistance de cette fonte, lorsqu'elle est placée horizontalement et destinée à supporter une charge quelconque, est à peu près nulle. — Il serait même aussi inutile que dangereux de vouloir l'employer dans les travaux de constructions à d'autres usages que ceux mentionnés plus haut.

21. — Le refroidissement de la fonte est un phénomène qu'on doit suivre avec soin et dont on doit calculer tous les effets lorsqu'il s'agit de pièces à couler, d'inégale épaisseur. — Il arrive souvent que les parties les plus minces de ces pièces étant refroidies longtems avant les autres, celles-ci opèrent un tirage qui amène souvent la cassure ou le gauchissement. — Les objets d'une grande surface et d'une faible épaisseur sont souvent sujets au dernier de ces inconvénients, lorsqu'on n'a pas soin de les laisser se refroidir à la longue et garantis du contact de l'air. — Nous reviendrons sur ce point essentiel, et nous indiquerons les précautions à prendre pour éviter, autant que possible, les accidents que nous venons de signaler, lorsque nous parlerons du moulage et de la coulée des moules.

22. — La fonte grise refroidie lentement et à l'abri du contact de l'air extérieur, conserve toute sa qualité; mais, si au contraire, elle est maintenue en bain et soumise à l'action d'un courant d'air, elle se couvre d'une couche oxidée, devient poreuse, perd de sa résistance et subit un déchet considérable.

La fonte blanche conservée longtems dans une température uniforme, ne

recevant que difficilement l'atteinte de l'air, devient grenue et se rapproche de la fonte grise, si l'on a soin surtout de l'envelopper d'un enduit quelconque. Si après la fusion, elle est refroidie d'une manière rapide, elle demeure plus aigre et plus cassante qu'auparavant.

Les pièces minces et de petites dimensions, par suite du refroidissement subit de la fonte contre les parois ordinairement humides des moules, acquièrent à leurs extrémités et à leur surface, une dureté telle qu'elles résistent au travail de la lime ou du burin. Cet effet est beaucoup plus sensible dans les portions de la pièce qui sont les plus éloignées de l'embouchure du moule, car toutes ces parties reçoivent une fonte mise en contact avec une plus grande quantité de sable, et refroidie nécessairement par l'échange de température qu'elle a fait à son passage. Par cette raison, on voit souvent les dents des roues d'engrenage extrêmement dures et blanches, pendant que les autres parties sont demeurées tendres et d'un travail facile.

On peut remédier à cet inconvénient en coulant par plusieurs jets et en employant pour la confection des moules du sable aussi sec qu'il est possible.

23. — Quelles que soient ces précautions, on est souvent forcé de recuire la fonte. On l'enveloppe alors de poussier de charbon, de cendres d'os, de craie pilée, ou même de sable quartzeux, et on la soumet pendant un certain tems à une température élevée et soutenue. — Les petites pièces sont enfermées avec leur enveloppe dans une caisse ou une boite en tôle, qu'on chauffe dans un foyer quelconque, d'une température assez élevée cependant, pour qu'on puisse amener le recuit à la chaleur blanche.

En opérant ainsi, on peut adoucir à une certaine épaisseur, les pièces dont la surface a été durcie par un refroidissement trop prompt. C'est jusqu'alors le recuit qui a le mieux réussi. Mais pour rendre moins durs des objets coulés accidentellement en fonte blanche ou en fonte truitée, et pour rendre sensible jusqu'à une certaine profondeur l'effet du recuit, il faudrait placer ces objets dans un foyer pénétré d'une chaleur intense et les laisser refroidir en même tems que ce foyer. — Cependant, il arrive presque toujours dans cette circonstance, que les pièces se recouvrent d'une épaisse couche d'oxide qui s'enlève par écailles et altère les contours, et qu'au lieu d'une fonte douce, malléable et tenace, on n'obtient qu'une matière poreuse et sans aucune solidité. — On pourrait, à la vérité, diminuer les effets nuisibles que nous signalons, en garnissant toute la capacité du foyer d'une des matières employées pour le recuit des petits objets, mais une telle opération deviendrait bientôt trop dispendieuse (1).

(1) On peut consulter pour des détails plus amples, l'ouvrage de Réaumur, sur l'art d'adoucir le fer fondu.

24. — Depuis longtems on a reconnu qu'il était facile de faire passer la fonte blanche à l'état de fonte grise, en la tenant en bain dans un creuset couvert et en lui évitant tout contact avec les corps étrangers qui pourraient lui communiquer une nouvelle dose d'oxigène.

Il est constant qu'on parvient à blanchir la fonte grise en la brassant lorsqu'elle est en fusion dans le creuset, avec un ringard ou toute autre outil en fer. — Il est établi aussi que l'approche de l'air atmosphérique suffit pour durcir la fonte, lorsque son refroidissement s'opère. — En partant de ces principes, on peut conclure qu'il n'est pas impossible de convertir la fonte blanche en fonte grise, et c'est chose certaine qu'on y parviendra pour les opérations en grand comme on y est arrivé pour la fusion au creuset.

Launay prétend dans son *manuel du fondeur*, avoir trouvé le moyen de produire de la fonte grise par l'addition dans le bain, d'une certaine quantité de sel ammoniac et de poussier de charbon de bois. Nous ferons observer que des essais semblables avaient été tentés bien avant lui, non-seulement par Réaumur, mais par plusieurs chimistes distingués qui ont fait un grand nombre d'expériences sur cette partie essentielle de la fonderie en fer.

On s'était fondé naturellement sur l'affinité de l'oxigène et de l'azote pour les annuler l'un par l'autre dans la fonte mise en fusion. Le sel ammoniac était destiné à développer l'azote en brûlant rapidement; il produisait d'ailleurs à la surface du bain une agitation extraordinaire à la faveur de laquelle on supposait que le métal devait se recarburer par la suppression de l'oxigène d'une part, et par la décomposition du poussier de charbon végétal de l'autre.

Ces essais que presque tous ceux qui s'occupent de la fonderie ont été à même de répéter depuis, ont donné, il est vrai, des résultats convenables; mais on remarquera qu'ils n'ont été appliqués que sur de très-petites opérations dans des creusets. — Nous ne savons pas qu'on ait réussi jusqu'à présent à convertir la fonte blanche en fonte grise dans les ouvrages de hauts fourneaux, dans les cubilots ou dans les fours à reverbères. Nous avouons avoir échoué dans plusieurs expériences en grand, que nous avons faites sur ce point important, et bien que nous n'ayons pas renoncé à chercher encore des résultats d'une si haute utilité pour la fonderie, nous avons dû ajourner nos essais par suite de quelques-unes des raisons exposées dans nos paragraphes 2, 3 et suivants.

25. — La fonte grise chauffée au blanc et ensuite plongée dans l'eau, devient dure, plus blanche et d'un aspect plus métallique. Elle est susceptible de recevoir un assez bon tranchant pour les outils des graveurs, des tourneurs, etc., etc.

La fonte blanche chauffée au-dessous du point de fusion devient plus malléable que la fonte grise; elle acquiert une partie des propriétés de l'acier et

peut facilement s'allonger sous le marteau. — Trempée alors, elle fournit des instruments tranchants préférables à ceux faits en fonte grise.

On a tiré partie de cette faculté de tremper la fonte, pour la fabrication des essieux et des colliers de roues. On prépare ces objets en fonte douce qu'on peut limer et tourner facilement; puis on leur donne ensuite assez de dureté pour qu'ils puissent résister à un long usage. On prépare encore par des procédés à peu près semblables des clous, des fers à cheval, des outils d'agriculture, etc., etc.

26. — La fonte élevée à la chaleur blanche peut être sciée facilement. — Nous avons fait scier ainsi, après les avoir fait chauffer à un feu de forge, une grande quantité de tuyaux de conduite de 0,040 à 0,250 de diamètre, dont les extrémités étaient défectueuses, des boites de roues, etc., etc.

27. — La fonte exposée à l'action de l'air humide est bientôt couverte d'une couche jaune appelée *rouille*, due à la combinaison de l'eau et de l'air.

Lorsque les objets en fonte sont polis, on peut les préserver de la rouille par une couche d'un corps gras, tel que l'huile d'olive purifiée, l'huile de lin, l'huile de faine, ou bien un mélange d'huile et de suif fondu. — Il est essentiel que les huiles employées ne contiennent point d'eau.

Pour garantir la fonte brute de l'atteinte de la rouille, on la recouvre d'une couche de vernis, de goudron, ou de minium préparé à l'huile siccative.

Nous avons employé avec succès, pour recouvrir les ornements de la place de la Concorde, à Paris, un enduit d'huile de lin épurée par l'ébullition et rendue plus siccative au moyen d'une addition de litharge. On faisait chauffer les pièces avant de leur appliquer la couverte. Les ornements dont nous parlons, ont été depuis bronzés et dorés sur place; mais soit, comme c'est chose fort probable, que les procédés employés aient été défectueux, soit que la neige qui a recouvert les fontaines pendant l'hiver de 1840 ait eu sur la peinture et sur la dorure une influence corrosive, les couches n'ont pas subsisté, et en peu de tems la rouille est venue remplacer le bronze et l'or (1).

28. — Ces résultats nous portent à croire que la dorure ou l'application du bronze ne peuvent être d'une grande durée, si elles ne sont faites à chaud. — On dore par le feu en frottant le métal avec un amalgame d'or et en chassant ensuite le mercure par la sublimation. Il est nécessaire qu'avant l'emploi de l'amalgame, la surface de la fonte soit recouverte d'une légère couche de cuivre. — Rinmann donne ainsi la recette d'une dissolution avec laquelle on

(1) Nous devons dire cependant que depuis cette époque, les fontaines de la Concorde ont été de nouveau peintes et dorées, et qu'on n'a eu jusqu'à présent que des restaurations de peu d'importance à y faire.

arrose le fer jusqu'à ce qu'il se recouvre d'une enveloppe cuivreuse et qu'il s'attache à sa surface quelques gouttes de métal liquide : on fait dissoudre à une chaleur modérée dans 1562^g,50 d'eau pure, 62^g,50 d'acide sulfurique concentré, 23^g,42 d'alun, 7^g,80 de sel ammoniac, 11^g,72 de vitriol de cuivre, 15^g,62 de vitriol de zinc et 156^g,25 de vinaigre blanc.

Mais ces procédés, aussi bien que ceux de la dorure par incrustation, sont peu pratiqués, parce que leur application est aussi longue et aussi difficile que coûteuse.

29. — Si l'on tient à faire conserver à une statuette ou à toute autre petite pièce une belle couleur noire, sans recouvrir les parties délicates d'un vernis qui a toujours une certaine épaisseur, il faudra la faire recuire dans la poussière de charbon de bois, après l'avoir enduite d'huile et flambée à la fumée de résine. — Lorsqu'elle sera refroidie, il suffira de la frotter avec une brosse jusqu'à ce qu'on ait fait partir l'épaisseur d'huile et de fumée dont elle sera recouverte.

On se contente quelquefois de faire passer la pièce sur la flamme d'un feu de forge chauffé à la houille, et de la brosser ensuite. — On emploie aussi un vernis très léger composé d'huile d'aspic, d'essence de thérébentine et de plombagine.

On peut donner une belle couleur de bronze à la fonte, en la recouvrant à chaud, d'un enduit composé de sang de dragon broyé et dissous dans l'esprit de vin. — On étale ce vernis avec un pinceau doux et on a soin, pour obtenir des tons différents, de blanchir quelques-unes des parties en relief de la pièce en fonte que l'on veut bronzer, en les frottant avec du papier émeri fin ou du papier verré. — Si l'on ajoute à la composition d'esprit de vin et de sang de dragon une légère dose de safran, la fonte prend une couleur dorée. — Cet enduit a l'avantage de ne pas avoir d'épaisseur et de ne pas empâter les parties délicates et ornées des pièces sur lesquelles on l'applique.

30. — Il existe encore beaucoup d'autres compositions qui servent à recouvrir la fonte; mais nous aurons occasion de revenir sur ce sujet dans le cours de notre ouvrage.

Nous dirons seulement, que, parmi tous les enduits que nous avons essayés, aucun ne nous a paru plus simple et moins coûteux pour les pièces de grandes dimensions que celui fait à chaud à l'huile de lin. — Nous avons eu occasion, il y a peu de temps, de revoir une statue de 4 mètres de hauteur environ, qui, recouverte ainsi depuis trois ans et exposée continuellement au contact de l'air humide, dans un jardin, ne présente aucune trace de rouille.

31. — On a beaucoup parlé des fontes inoxidables, mais on n'a fait encore que peu d'essais sur des pièces de petites dimensions. — Il est probable que les

procédés employés comportaient trop de soins et trop de frais, pour qu'on ait pu songer à les continuer.

On voyait à l'exposition des produits de l'industrie en 1839, des vases en fonte dite inoxidable; nous n'avons pas examiné ces vases de très près, mais ils nous ont fait l'effet d'avoir été limés et tournés, puis brunis à une haute température; en essuyant fréquemment des vases ainsi préparés, on peut éviter l'oxidation.

En chauffant la fonte polie à une température de 500 à 550° cent. (1) environ, on parvient à lui donner une couleur d'un bleu foncé qui résiste bien à l'effet de la rouille (2). — On obtient un résultat à peu près semblable, en recouvrant la surface brillante du fer et de l'acier, d'acide hydrochlorique ou même de tout autre acide; en exposant l'objet ainsi préparé à l'humidité de l'air, pendant plusieurs jours, jusqu'à ce qu'il soit entièrement couvert de rouille; en l'enduisant alors d'huile douce et en le frottant ensuite jusqu'à ce que la surface atteigne une couleur bronzée d'un ton uniforme.

Il est aussi un fait que tous les fondeurs peuvent observer lorsqu'ils font usage de modèles en fonte; c'est que ceux-ci sous l'influence du sable dans lequel ils sont souvent renfermés, prennent une couleur brune qui paraît éloigner la rouille.

Nous signalerons encore cette circonstance : que la fonte blanchie à sa surface, puis recouverte d'une couche d'acide sulfurique (huile de vitriol) acquiert une couleur d'un rouge brun qui lui donne l'aspect du cuivre rouge.

---

(1) Pour aider nos lecteurs à apprécier les diverses températures que nous indiquerons tantôt en degrés *Réaumur*, tantôt en degrés *Fahreinhet*, le plus souvent en degrés *centigrades*, nous leur rappellerons, que le 0° de Réaumur équivaut à 32° Fahreinhet et l'ébullition de l'eau à 212°.

Pour convertir un nombre donné N de degrés Fahreinhet en degrés Réaumur, il suffit d'établir la proportion $(212-32) : 80 :: (N-32) : X$ ou $X = \frac{4}{9}(N-32)$; et pour obtenir le même nombre N de degrés Fahreinhet en degrés centigrades, $(212-32) : 100 :: (N-32) : X$ ou $X = \frac{5}{9}(N-32)$. — Si N le nombre de degrés à convertir était plus petit que 32, il faudrait cependant le soustraire de ce dernier nombre et donner à la différence le signe négatif.

(2) D'après M. Karsten, la fonte, le fer et l'acier, lorsqu'ils sont polis à leur surface, prennent à peu de variations près, sous l'influence d'une température déterminée, les couleurs suivantes auxquelles il donne le nom de couleurs du recuit.

à 400° Fah^t. Jaune paille.
à 420° *id.* jaune d'or ou jaune foncé.
à 450° *id.* cramoisi.
à 540° *id.* violet pourpre et bleu foncé. — Cette couleur passe ensuite au bleu clair, au vert de mer et finit par disparaître à 700° Fah^t.

32. — Il est d'ailleurs constant qu'on peut atténuer les effets de la rouille par un alliage de un pour cent de cuivre jaune avec la fonte de fer; nous avons fait cet alliage indiqué par M. *Vasie*, et nous avons rencontré un métal plus dur que la fonte et très propre à la fabrication des pièces qui doivent subir un grand frottement.

33. — Quoique l'alliage du cuivre avec le fer cru ne puisse être fait par fortes proportions, l'affinité qui existe entre ces deux métaux permet de braser ou de réunir solidement deux morceaux de fonte par une soudure de laiton mêlé au borax.

Cette opération qui présente beaucoup plus de difficultés pour la fonte que pour le fer forgé, peut obtenir une parfaite réussite à l'aide d'un ouvrier adroit. Pour bien braser la fonte, on limera avec une grosse lime, les deux morceaux à la place qu'on veut braser, on les saturera de sel ammoniac dissous, on garnira de soudure de cuivre jaune et de borax écrasé, puis on mettra au feu.

34. — Nous ne nous occuperons pas des combinaisons du fer cru avec les autres métaux, parce que leur connaissance n'est pas nécessaire au fondeur, et parce que ces combinaisons ressortent plutôt d'expériences chimiques faites sur une très petite échelle, que des travaux en grand de l'industrie du fer. — Nous signalerons seulement l'étamage de la fonte, qu'on pratique avec succès en Angleterre et en France, pour les objets de cuisine surtout.

En Angleterre, les pièces de vaisselle sont soumises à un recuit, puis tournées à l'intérieur afin de recevoir l'étamage; la partie extérieure est mise au vernis noir. — On a employé dans quelques usines des Ardennes et dans celles de Niéderbronn (Haut-Rhin) des procédés à peu près du même genre; mais le travail que nécessitait le poli intérieur des casserolles, des marmites, etc., etc., mettait ces objets à un prix assez élevé, pour que la batterie de cuisine en cuivre, malgré les inconvénients dont on fait tous les jours une triste expérience, leur fût encore préférée. — Heureusement, dans ces derniers tems, on est arrivé à obtenir l'étamage sur la fonte de fer, sans que la surface extérieure soit préalablement enlevée. — Les moyens simples qu'on emploie pour l'étamage, mettront bientôt les ustensiles de cuisine en fonte, à la portée de toutes les bourses, et il est probable qu'on finira par les adopter de préférence à ceux en cuivre.

Pour que l'opération de l'étamage soit convenable, on doit mettre pour un kilogramme d'étain, 10 grammes de zinc fondu avec l'étain, plus une couche de sel ammoniac sur le bain. Le sel ammoniac sert à oxider la fonte et à préparer l'étamage comme la résine dans celui du cuivre.

35. — Il y a quelques années, on a imaginé d'appliquer à l'intérieur des casserolles et des coquelles en fonte, une couche d'émail formée avec une pâte semblable à celle de la faïence. Ce procédé qui devient d'une utilité réelle,

quand ces ustensiles coulés en fonte qui contient du soufre ou du phosphore, peuvent donner un mauvais goût aux aliments qu'on y prépare, a l'inconvénient de n'être pas de longue durée parce que la couverte émaillée se crevasse et se sépare bientôt de la fonte (1).

Plus récemment, on a essayé l'application du galvanisme sur le fer et la fonte, et on a réussi à les recouvrir d'une enveloppe inoxidable. — Plusieurs brevets ont été pris pour les fontes et les fers galvanisés, mais les procédés employés n'ont pas encore reçu une bien grande extension (2).

36. — Le fer et la fonte jouissent de bien d'autres propriétés que celles dont nous avons parlé, mais ces propriétés sont plutôt du domaine de la chimie que de celui de la fonderie. — Nous n'avons indiqué que les données qui peuvent être d'une utilité reconnue dans la pratique; il en est sur lesquelles nous aurons à revenir plusieurs fois dans le cours de cet ouvrage; il en est d'autres dont nous n'avons pas parlé, que nous aborderons lorsque notre sujet nous y amènera; et, parmi celles-là, des considérations sur la nature des différentes fontes produites dans les hauts fourneaux, des renseignements sur les mélanges de ces fontes (3), etc., etc.

---

(1) Les procédés que l'on emploie pour émailler, sont à peu près de la même nature que ceux dont on fait usage dans les fabriques de faïence. Voici cependant celui qui paraît convenir le mieux.

On prépare les vases qui doivent recevoir l'émail en les faisant décaper à l'intérieur au moyen d'acide sulfurique étendu d'eau. On les rince ensuite à plusieurs eaux, quand à la suite du décapage, la couche d'oxide qui recouvre la surface de la fonte est enlevée par l'action de l'acide. On les essuie avec soin lorsqu'ils sont rincés, et on les émaille sur-le-champ avant qu'une nouvelle couche d'oxide se soit formée.

La pâte qui doit porter l'émail se compose habituellement d'argile calcinée, tamisée et délayée ensuite dans l'eau, pour qu'on n'en retire que les parties les plus fines. On ajoute à l'argile une petite proportion de quartz pulvérisé et grillé d'abord, puis fondu avec une addition de borax. — Le mélange d'argile et de quartz est broyé sous une meule, et après cela, converti en une pâte très-liquide qu'on étend à l'intérieur des vaisseaux qu'on veut émailler.

La substance vitrifiable est formée de feldspath, mélangé avec une petite quantité de soude, de borax et d'oxide d'étain. On en forme une poudre dont on recouvre la couche de pâte, avant de placer les vases dans un four chauffé au rouge clair.

(2) La galvanisation par le procédé *Sorel* n'a jusqu'à présent été appliquée avantageusement que sur le fer forgé; nous ignorons pour quelle raison on n'a pas encore fait d'applications en grand sur le fer fondu. Toutefois, nous devons dire que la peinture galvanique pour laquelle MM. *H. Ledru et compagnie* sont brevetés, préserve bien la fonte de la rouille; cette préparation qui se fait comme celles au minium, à la céruse, etc., etc., coûte moins cher et est aussi solide que les autres peintures. On vend la poudre galvanique 0,40 centimes le kilogramme.

(3) On emploie souvent seul le mot *fonte* pour indiquer la fonte de fer. Cette désignation est

Première Section.

PRODUCTION DE LA FONTE DANS LES HAUTS FOURNEAUX.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES HAUTS FOURNEAUX.

37. — Avant de commencer notre travail sur les hauts fourneaux, il est bon que nous déterminions la marche que nous aurons à suivre, et les considérations que nous aurons à conserver pour ne pas répéter dans cet ouvrage tout ce qui a déjà été dit dans plusieurs volumes sur les hauts fourneaux.

Cette partie est d'ailleurs la seule parmi celles dont nous aurons à nous occuper, qui ait été traitée d'une manière aussi large et aussi convenable que le réclamait son importance. — Cependant les meilleurs ouvrages qui ont été écrits sur cette matière (1) ont parlé principalement des hauts fourneaux marchant au coke et construits sur de grandes dimensions.—Et, l'on sait que jusqu'à présent les appareils de ce genre ont plutôt travaillé à fabriquer de la fonte à fer que de la fonte en moulages.

38. — Nous nous occuperons donc essentiellement des hauts fourneaux au

---

la plos ordinaire dans les fonderies où même on s'occupe aussi de la foote du cuivre qui prend alors les noms d'arcot, de laiton, de bronze, etc., etc., suivant ses alliages.

Dans le cours de cet ouvrage, nous appellerons encore la fonte, *fer fondu*, *fer coulé*, *fer cru* par opposition au *fer forgé* ou *fer ductile*, etc., qui est le produit obtenu dans les forges à la suite de l'affinage et des autres opérations ausquelles sont soumises les fontes qui sont livrées brutes par les hauts fourneaux, sous la forme de longues gueuses, lorsqu'elles sont destinées aux feux de forges, ou de gueusets de 0,35 à 0,40 de longueur environ, lorsqu'elles doivent être employées dans les fours à puddler.

(1) La métallurgie du fer de M. Karsten et l'atlas métallurgique du fer de MM. Walter et Leblanc. Le premier de ces ouvrages donne un grand nombre de détails complets et intéressants sur les hauts fourneaux ; mais la plus grande partie des données sont choisies dans les usines de l'Allemagne où les procédés diffèrent beaucoup des nôtres. L'atlas de MM. Walter et Leblanc traite principalement des grandes usines du Midi de la France, et le texte qui est très-court n'a été considéré par les auteurs que comme un accessoire nécessaire à l'explication des nombreuses planches de l'atlas. Au reste, on ne s'est occupé dans cet ouvrage que de la fabrication de la fonte à fer et de celle du fer, et non de celle de la fonte destinée au moulage. Il est facheux d'ailleurs, que le pris élevé de cet atlas qui pourrait être d'une grande utilité dans l'industrie, le rende inabordable à la plupart des personnes qui s'occupent de la production de la fonte et du fer.

charbon de bois qui ont été jusqu'alors employés en France, pour les usines en mouleries, d'une manière plus spéciale que les hauts fourneaux au coke. — Il a du reste, été reconnu qu'avec les minerais communément exploités dans les usines françaises, la fonte au charbon de bois était obtenue dans des conditions de tenacité, de douceur et de pureté, beaucoup supérieures à celles de la fonte au coke. — Ces avantages, qui sont inappréciables pour la fonte destinée aux objets moulés, ont été constatés d'une manière bien positive dans la fonte produite pour la fabrication du fer.

39. — Nous sommes pourtant loin de prétendre pour cela, que les hauts fourneaux marchant au coke n'offrent ou ne doivent offrir à l'industrie française que des résultats médiocres et des avantages de peu d'importance; il est évident que partout où on fabriquera de la fonte au coke (à moins cependant qu'on ne rencontre des conditions de localités tout à fait exceptionnelles) on obtiendra des produits qui, quoique d'un prix beaucoup moins élevé que ceux obtenus au charbon de bois, pourront satisfaire d'une manière tout aussi convenable à une foule de besoins de l'industrie.

L'emploi du coke permet au reste, d'employer des appareils de très grandes dimensions et pouvant produire par conséquent, dans un même tems, une bien plus grande quantité de fonte que les hauts fourneaux alimentés avec le combustible végétal, sans que les frais d'exploitation, de roulement, etc., etc., subissent une augmentation croissant dans une proportion beaucoup plus forte.

La différence entre les densités du coke et du charbon de bois, explique naturellement pourquoi les fourneaux alimentés avec le premier combustible doivent être construits dans des proportions plus grandes.—Nous reviendrons sur ce point essentiel, lorsque nous parlerons des dimensions à donner aux hauts fourneaux.

40. — Nous dirons donc seulement que nous nous arrêterons peu sur les procédés de fabrication de la fonte au coke, qui d'ailleurs, pour la plus grande partie, ont beaucoup d'analogie avec ceux de la production de la fonte au charbon de bois. — Nous nous arrêterons également peu sur la carbonisation de la houille, dont les opérations en grand sont largement décrites dans l'ouvrage de M. Walter. — Nous nous bornerons à parler de la fabrication en fours clos, du coke nécessaire aux fourneaux de deuxième fusion, et cela, lorsque nous traiterons de ces fourneaux.

41. — Nous voulons, autant qu'il nous sera possible, continuer ce qui a été fait, en évitant des répétitions inutiles qui gêneraient la marche que nous nous sommes tracée; et, si nous nous occupons de certains procédés déjà décrits ailleurs, c'est parce que notre position de praticien nous permettra de relever quelques erreurs ou de donner de nouvelles explications.

Nous serons ainsi forcés par fois, de répéter des définitions sans lesquelles il serait difficile de comprendre quelques-uns de nos paragraphes.—Une fonte d'an-

ciennes méthodes usitées dans les hauts fourneaux ont été abandonnées et sont d'ailleurs démontrées par différents auteurs; d'autres ont été remplacées par des systèmes plus avantageux, et c'est à celles-là que nous nous attacherons de préférence.

DES MINERAIS DE FER.

42. — *Généralités.* — Nous dirons peu de choses des minerais en ce qui concerne leur extraction et leur préparation; ces parties ont été largement développées dans divers traités sur la métallurgie du fer; nous ferons seulement remarquer que la plupart des minerais brûlés dans les différentes usines d'où nous tirerons nos observations, sont des minerais en grains ramassés à la surface du sol, en grande partie boccardés et lavés au patouillet; quelques-uns seulement lavés dans des lavoirs carrés où on dispose à cet effet, un courant d'eau qui se renouvelle constamment pendant la durée de l'opération.

43. — Dans le travail pratique, on distingue deux classes de minerais de fer, les minerais en grains dont nous venons de parler et les minerais en roches qui se trouvent à l'état natif dans des filons, ou bien encore en masses considérables. On a soin de concasser les minerais en roches avant de les jeter au fourneau, et souvent on leur fait subir l'opération du grillage.

Ces deux classes sont les seules reconnues par les ouvriers des hauts fourneaux, qui ignorent les dénominations chimiques.

44. — Le fer à l'état natif est fort rare; on le trouve plus souvent combiné avec différents corps tels que le soufre, l'arsenic, le phosphore, etc., etc., ou avec diverses proportions d'oxigène. Il existe en plus grande partie dans les ocres, dans le fer limoneux des marais et autres substances terreuses friables de diverses couleurs. — Dans le premier cas, on débarrasse le fer du soufre ou de l'arsenic qu'il contient, en le chauffant fortement au bois ou à la houille dans les fours à griller; dans le deuxième cas les minerais mélangés de terre sont boccardés ou seulement lavés.

45. — M. Walter classe les minerais de fer de la manière suivante, tout en indiquant la richesse en métal de chacun d'eux.

		RICHESSE. Au minimum.	Au maximum.
N° 1 *Fer oxidulé*		0,80	0,90
2 » *Oligiste*	En masses.	0,60	0,90
	Arénacé	0,45	0,50
3 » *Oxidé rouge*	Hématite.	0,40	0,60
	Compacte.	0,50	0,70
	Ocreux.	0,35	0,45
4 » *Hydraté*	Brun.	0,40	0,50
	Compacte.	0,40	0,50
	Oolite.	0,30	0,40
	Granuleux.	0,26	0,40
	Limoneux.	0,35	0,55

		Richesse. Au minimum.	Richesse. Au maximum.
5 *Fer carbonaté.*	Spathique blanc.	0.35	0,45
	Spathique brun.	0,35	0,45
	Lithoïde.	0,30	0,45
6 » *Siliceux*	Oxidulé.	0,15	0,45
	Oxidé	0,15	0,45

Parmi toutes ces espèces, les minerais de fer les plus communs et les plus exploités en France, sont le *fer oxidé rouge compacte*, connu sous le nom de *minerai en roches*, qu'on trouve fréquemment dans les départements de la Moselle, du Haut-Rhin, de la Haute-Saône, de la Haute-Loire, de l'Ardèche, de l'Aveyron, etc., etc., et le *fer hydraté granuleux* ou *minerai en grains*, qu'on exploite en grande quantité dans les départements de la Haute-Marne, de la Meuse, de la Haute-Saône, du Haut-Rhin, des Ardennes, de Saône-et-Loire, de la Côte-d'Or, etc., etc. — C'est cette dernière espèce qui fournit les plus belles fontes moulées et celles qui sont le moins susceptibles de s'oxider au contact de l'air.

On exploite encore en France, mais en moins fortes quantités, le *fer oxidé rouge hématite*, dans les Vosges et dans les Basses-Pyrénées ; le *fer oxidé rouge ocreux*, en Bourgogne; les *fers hydratés bruns et hydratés compactes* dans plusieurs départements du Midi; les *fers spathiques bruns*, *carbonatés lithoïdes* aussi dans quelques départements du Midi.

Les autres espèces consignées dans le tableau précédent sont plus rares en France, où elles sont fort peu ou pas du tout exploitées.

46. — La classification adoptée par M. Walter est à notre avis, celle qui est la plus simple et qui est le plus à la portée de la pratique. — Le but de notre ouvrage n'est pas d'aborder ouvertement et en détail, toute la partie chimique qui se rapporte à la classification et à l'analyse des minerais de fer; une telle marche nous conduirait dans une voie toute scientifique, qu'il n'est pas dans notre intention d'aborder, et qui d'ailleurs n'appartiendrait pas au cadre que nous nous sommes tracé. Cependant, pour donner une idée des différentes combinaisons du fer, nous dirons comment M. Karsten, dans son manuel de la métallurgie du fer, établit le tableau des divers états de ce métal, tel qu'on le trouve dans la nature :

1° Le *fer ductile natif.*
2° Le *fer sulfuré.*
3° Le *fer arsénical.*
4° Le *protoxide et le péroxide de fer* (caractérisé par une raclure noire ou grise).
5° Le *péroxide de fer* anhydre (se distinguant par la raclure rouge).
6° Le *péroxide de fer* combiné avec l'eau (présentant une raclure brune ou jaune).
7° Le *fer oxidé* combiné avec l'*acide titanique.*
8° Le *fer oxidé* combiné avec l'*acide tungstique.*

9° Le *fer oxidé* combiné avec le *protoxide de chrome.*
10° Le *fer oxidé* combiné avec la *silice.*
11° Le *fer oxidé* combiné avec l'*acide carbonique.*
12° Le *fer oxidé* combiné avec l'*acide carbonique* (mélangé avec des silicates).
13° Le *fer oxidé* combiné avec l'*acide phosphorique.*
14° Le *fer oxidé* combiné avec l'*acide arsénique.*
15° Le *fer oxidé* combiné avec l'*acide sulfurique* et l'*arsénique.*
16° Le *fer oxidé* combiné avec l'*acide oxalique.*

47. — *Essai des minerais.* — Il est essentiel que le conducteur ou directeur de hauts fourneaux, sache sinon analyser, du moins faire l'essai des minerais qu'il doit soumettre à la fusion, afin d'en connaître le rendement et la nature, et afin aussi de déterminer la quantité de fondant à employer pour obtenir une fusion convenable.

48. — Pour bien connaître un minerai de fer, il faut qu'il soit soumis à l'analyse par *la voie humide* en le traitant par l'action des acides, et à l'essai par la *voie sèche*, en en faisant fondre une petite quantité dans un creuset couvert. La première de ces deux opérations est toute chimique et n'est pas absolument indispensable au praticien; mais la deuxième, ainsi que nous l'avons expliqué, lui est d'une assez grande utilité pour que nous croyions devoir la décrire.

49. — On choisit d'abord le minerai en le ramassant à différentes places des tas, afin d'avoir un mélange qui donne moyennement la richesse du fer. — Après l'avoir lavé, puis séché, on broye le minerai de fer en poudre fine, et on le passe dans un tamis fin. — On peut s'occuper alors de reconnaître si le minerai choisi contient de la chaux, de l'alumine ou de la silice. — La présence de la chaux est démontrée par l'effervescence que produit ce minerai, lorsqu'on y répand quelques gouttes d'acide sulfurique, ou d'acide nitrique.

On reconnaît les minerais qui contiennent de l'alumine, lorsqu'ils sont doux et glissants sous les doigts et lorsqu'ils font sous la langue la sensation d'adhérence que donnerait un morceau d'argile.

Les minerais qui renferment de la silice font au toucher l'effet du sable ou du verre broyé. — Ces minerais et les précédents ne sont sensibles à l'action des acides qu'autant qu'ils contiennent quelques parties de chaux.

50. — Lorsqu'on a reconnu la nature de la terre mélangée avec le minerai, on s'applique à rechercher le fondant qui convient à celui-ci et à déterminer approximativement la dose qui lui est nécessaire.

Les minerais calcaires qui portent nécessairement avec eux une partie de leur fondant, n'en demandent par conséquent qu'une plus faible addition. Les minerais alumineux en exigent une dose plus forte, et cette dose doit encore augmenter pour les minerais siliceux. Au reste, les proportions à donner s'obtiennent par tâtonnements plus ou moins longs. — La quantité de terres contenues dans les minerais doit évidemment faire varier la quantité de fondant qui

leur convient et nous ne prétendons pas établir une règle, en disant que les minerais siliceux pourraient demander plus de fondant que les minerais alumineux et ceux-ci plus que les minerais calcaires.

51. — Le dosage du fondant dans les opérations en grand est une chose de beaucoup d'importance; on n'arrive à le bien régler qu'en examinant de très près les produits de chaque jour, et en calculant quelle a pu être sur eux l'influence de la quantité de fondant ajoutée à chaque charge. Mais, dans les essais où tout le travail se trouve réduit à de très petites proportions, on ne peut garantir un résultat qu'après avoir recommencé l'opération deux ou trois fois, en variant la proportion du fondant.

52. — Les fondants qu'on emploie de préférence pour les essais sont le borax, le spath fluor ou chaux fluatée, la chaux carbonatée pure, le verre, le marbre blanc, etc., etc.

Bien qu'on ne puisse fixer d'avance d'une manière invariable la proportion de fondant qui convient à chaque espèce de minerai, plusieurs auteurs ont adopté des données qui peuvent servir à guider celui qui opère.

M. Karsten propose de fondre les minerais siliceux avec 25 pour 100 de spath fluor et 25 pour 100 de chaux pure. — Bergmann dit que les minerais fusibles se réduisent bien avec une addition de 10 à 25 pour 100 de borax calciné. — Chaptal propose 20 parties de borax calciné, 2 de chaux et 10 de salpêtre; ce mélange paraît convenir pour les minerais un peu réfractaires. — Enfin, M. Walter indique pour les hématites tendres, les hydratés hématites, compactes et oolitiques, un flux composé de 0,10 de borax, 0,10 de verre pilé, 0,25 de chaux carbonatée; pour les minerais hydratés, granuleux et limoneux, contenant beaucoup de chaux ou beaucoup d'alumine, 0,25 de verre pilé et 0,25 de chaux fluatée. — Nous avons fait des essais convenables de ces deux dernières classes de minerai avec une addition de 0,15 à 0,25 de carbonate de chaux pur.

53. — Les flux destinés à l'essai sont broyés et tamisés comme le minerai. Avant de faire le mélange, on prend le poids de ce dernier qu'on a eu soin d'abord de calciner au rouge dans un creuset couvert.

Les matières, minerai et flux, sont déposées au centre d'un creuset brasqué qu'on recouvre d'un couvercle luté avec soin; le creuset est alors présenté au foyer d'un feu de forge ou dans un petit fourneau d'essai; après avoir entretenu pendant une demi-heure ou trois quarts d'heure l'action du feu, on retire l'appareil qu'on laisse se refroidir quelques instants, avant d'en extraire le culot ou bouton de métal fondu, dont le poids sert à déterminer la richesse du minerai soumis à l'essai.

54. — Le culot de fonte est ordinairement entouré de parties vitrifiées formées par le mélange fondu du flux et des terres mêlées au minerai. Ces parties

vitrifiées qu'on appelle *laitier* doivent se présenter avec un aspect vitreux ; si elles étaient noires, on pourrait craindre qu'elles aient absorbé une certaine quantité d'oxide de fer et par suite altéré le produit du métal.

55. — Il arrive souvent, que si l'action du feu n'a pas été bien soutenue et si le fondant s'est trouvé en trop forte addition, on n'obtient au lieu d'un culot, que des globules très petits et tout boursoufflés. — Il est nécessaire alors de recommencer l'opération en faisant varier la proportion du flux.

56. — Nous venons de parler (53) des creusets brasqués, et nous n'avons donné aucune explication sur ces creusets.

On appelle brasque, de la poussière de charbon passée au tamis fin et mouillée de manière à lui donner un peu de consistance, avec quelques parties d'eau gommée ou d'huile de lin ; cette dernière nous paraît préférable parce qu'elle brûle pendant l'essai et parce qu'elle n'a pas l'inconvénient de produire une certaine quantité de vapeur qui tendrait à faire casser le creuset ; cependant il ne faut pas employer l'huile de lin, lorsqu'on traite des minerais peu riches ; elle tend quelquefois à disséminer les parties du métal et elle peut nuire à la formation du culot.

La brasque est entassée avec soin dans un petit creuset d'essai en graphite ou en grès, et l'on pratique dans le milieu, un trou où sont déposées avec leur flux, les matières a soumettre à l'essai.

57. — Cependant, les essais de minerais, quel que soit le soin qu'on prenne pour les faire, donnent le plus souvent des résultats imparfaits qui sont loin de repondre à ceux qu'on obtient dans les hauts fourneaux. Ils indiquent toutefois assez bien la nature de la fonte, lorsque les proportions du flux sont très convenables ; mais il n'est pas rare, d'obtenir à un premier essai, de la fonte grise ou truitée, et à un deuxième de la fonte blanche : de même que de la fonte blanche d'abord, et ensuite de la fonte noire ou truitée ; une surabondance ou un manque de fondant suffisent pour déterminer ces changements. — A notre avis, la valeur essentielle d'un essai serait de fixer sur la richesse du minerai qu'on veut mettre en exploitation. — Ce point principal manque aussi de certitude, car on trouve le plus souvent une variation considérable, lorsqu'on traite le minerai en grand, dans les hauts fourneaux.

58. — L'exemple suivant fixera mieux sur ce point que toutes nos explications. — Nous le prenons sur des minerais qui proviennent du département de la *Meuse* et qui sont extraits dans un rayon de 8 à 10 lieues. Les essais de ces minerais ont été faits d'abord par M. le directeur de l'école des mines ; nous les avons répétés depuis, sans trouver dans les résultats aucun changement important à signaler. On peut donc compter sur leur exactitude.

Minerai de Trèveray.	eau et acide carbonique	0,180	Il fond bien avec 0,10 de carbonate de chaux.
	argile insoluble dans l'acide	0,146	
	chaux, alumine soluble, etc.	0,054	Il produit une fonte blanche à cassure inégale.
	fer	0,443	
Minerai d'Hévillers	eau	0,120	Il fond avec 0,20 de calcaire pur.
	argile.	0,310	Il produit une fonte grise passant à la fonte truitée, à cassure grenue et matte.
	alumine.	0,032	
	fer	0,570	
Minerai de Saint-Joire..	eau.	0,166	Il fond avec 0,15 de carbonate de chaux.
	argile.	0,240	Il produit une fonte truitée à fond gris clair, parsemé de points ronds noirs et mats. Cette fonte est cassante.
	alumine, chaux, etc. . .	0,044	
	fer.	0,392	
Minerai du Haut Mansard	eau	0,130	Il fond avec 0,25 de carbonate de chaux.
	argile.	0,340	Il produit une fonte grise, à grains fins.
	alumine.	0,055	
	fer	0,340	
Minerai de Biencourt.	eau.	0,140	Il fond avec 0,15 de carbonate de chaux.
	argile.	0,236	Il fournit une fonte blanche compacte, à cassure presqu'unie et très-peu éclatante.
	alumine, chaux, etc. . .	0,048	
	fer	0,401	

(Ces minerais sont tous à peu près de même nature; ils ne contiennent qu'une très faible quantité de carbonate de chaux provenant des débris de la roche environnante. On a reconnu à l'essai qu'ils devaient être de facile fusion, par l'examen des scories qui se sont présentées parfaitement vitreuses, transparentes et presqu'incolores.)

59. — Voici maintenant les résultats obtenus dans le travail en grand :

Les minerais de Trèveray, d'Hévillers et de Saint-Joire mélangés en proportions égales donnent un produit de 0,26 à 0,28, différence énorme avec le produit moyen des trois essais. — Le résultat de la fusion de ces minerais fournit une fonte truitée, aigre et cassante; ils se réduisent bien avec 0,125 de fondant calcaire.

Le minerai de Biencourt brûlé seul, produit environ 0,32 en fonte grise et tenace; on y mêle pour le fondre 0,16 de castine. — Le minerai du Haut Mansard est plus réfractaire que les 4 minerais précédents; il contient trop d'argile pour être brûlé seul et on ne l'emploie que par addition et en petite

4

quantité. On a trouvé par l'expérience qu'il donnait environ 0,18 à 0,20 de fonte très grise et graphiteuse. — On n'a pu réussir en brûlant le minerai de Tréveray seul, à obtenir de la fonte grise, quoiqu'on ait employé pour le fondre une grande quantité de charbon par rapport à la proportion du minerai.

60. — Le haut fourneau de *Tusey* (Meuse) roule habituellement avec un mélange de 0,33 minerais de Tréveray, Hévillers et Saint-Joire et 0,66 minerai de Biencourt, auquel on ajoute environ 0,165 de castine. — Les produits ordinaires donnent une bonne qualité de fonte grise d'une ténacité remarquable. En bonne marche, le mélange de minerais que nous indiquons, rend 36 à 38 pour 100.

61. — Au haut fourneau de l'*Abbaye d'Evaux* (Meuse), la charge ordinaire se compose de 0,40 minerai de Hévillers, 0,30 minerai de Biencourt, 0,20 minerai de Tréveray et 0,10 minerai du haut Mansard; on ajoute 0,15 à 0,16 de fondant calcaire. Cette charge rapporte 35 à 36 pour cent. La fonte est grise, de bonne qualité, mais moins tenace et moins pure que celle de Tusey.

62. — Un deuxième exemple suffira pour achever de faire voir combien les résultats des essais diffèrent souvent de ceux qui proviennent des opérations en grand. Les trois minerais suivants sont exploités par les propriétaires des hauts fourneaux de Loulans et Larians (Haute-Saône).

Ils servent principalement à l'alimentation du premier de ces hauts fourneaux. La fonte qu'ils donnent est une des meilleures que produise la Franche-Comté, où l'on sait que se trouvent les fontes françaises qui conviennent le mieux pour le moulage.

DÉSIGNATION DES MINERAIS.	ANALYSE PAR LA VOIE HUMIDE.		ESSAI PAR LA VOIE SÈCHE.	RÉSULTAT DU TRAITEMENT AU HAUT FOURNEAU.
En roche de *Rougemontot* (Doubs), coûtant 2 fr. 25 c. les 200 litres rendus à Loulans.	Péroxide de fer. Oxide de manganèse. Silice Alumine Chaux. Magnésie Acide carbonique. Eau. Perte	0,410 0,010 0,098 0,026 0,186 0,014 0,184 0,064 0,008 1,000	Il fond avec 50 pour cent d'argile. Il rend 28 pour cent de fonte cassante et blanche.	Il fond avec 20 pour cent d'argile et 10 pour cent de calcaire por. Il rend 32 à 35 pour cent de fonte blanche, lorsqu'il est employé seul.
En poussière, de la *Bretenière* (Doubs), coûtant 2 fr. 20 cent. les 200 litres rendus à Loulans.	Péroxide de fer Sable, argile, silice. Alumine. Eau. Perte	0,516 0,300 0,054 0,118 0,012 1,000	Il fond avec 34 pour cent de carbonate de chaux. Il rend 35,75 pour cent de fonte cassante et truitée.	Il fond avec 28 pour cent de castine. Il donne 30 à 32 pour cent de fonte grise de médiocre qualité.

DÉSIGNATION DES MINERAIS.	ANALYSE PAR LA VOIE HUMIDE.	ESSAI PAR LA VOIE SÈCHE.	RÉSULTAT DU TRAITEMENT AU HAUT FOURNEAU.
En grains, des bords de la Saône, *la Chapelle*, *le Pernot*, etc., coûtant 7 fr. les 200 litres rendus à Louhans.	Péroxide de fer. . . . . . 0,476 Oxide de manganèse. . . . 0,020 Sable, argile, silice. . . . 0,236 Alumine . . . . 0,048 Chaux. . . . . 0,024 Acide carbonique. . . . . 0,018 Alumine soluble. . . . . . 0,036 Eau. . . . . 0,126 Perte 0,016 1,000	Il fond avec 26,60 pour cent de carbonate de chaux. Il rend 33 pour cent de fonte grise, tenace.	Il fond avec 20 pour cent de castine. Il donne 28 pour cent de fonte très-grise, d'excellente qualité.

Nous ferons observer que, pour ces essais comme pour les précédents, une partie de la réduction du produit, lorsque les minerais sont traités dans les hauts fourneaux, doit être attribuée aux inégalités de la marche de ces appareils. Il arrive dans l'allure des hauts fourneaux, de fréquents dérangements dus à l'influence du vent, à la plus ou moins bonne qualité des matières, aux changements de température, etc., à la suite desquels, les produits éprouvent souvent des diminutions sensibles. On comprendra mieux d'ailleurs, cette question importante, lorsque nous traiterons de la marche des hauts fourneaux.

63. — *Exploitation des minerais.* — Les prix de l'exploitation des minerais varient suivant la nature de ceux-ci, suivant la disposition des terrains où on les trouve, suivant leur abondance, etc.

L'extraction des minerais en roches, disposés par masses ou en filons est généralement plus coûteuse que celle des minerais en grains et en poussière. On les obtient quelquefois à aussi bon compte que ces derniers, lorsque leur préparation se borne au triage qui consiste à choisir à la main pour les rejeter, les pierres ou les parties pyriteuses qui s'y trouvent mêlées.

La valeur de l'exploitation augmente, lorsque les minerais sont imprégnés de pyrites ou contiennent du carbonate de magnésie, parce qu'alors il est indispensable de leur faire subir la macération ou exposition à l'air, afin d'obtenir une décomposition des sulfures ou des carbonates de magnésie, qui sont ensuite enlevés par l'action de l'humidité.

64. — La nature des terrains indique ordinairement l'existence du minéral. On s'assure si celui-ci est assez riche pour être exploité, au moyen de coupures et de puits que l'on pratique sur différents points du terrain métallifère. L'emploi de la sonde est généralement adopté pour la recherche des minerais en grains, etc.; on l'enfonce dans le sol à des distances assez rapprochées et à des profondeurs différentes, et la résistance qu'on éprouve à l'enfoncer ainsi que les fragments qu'on ramène à la surface, servent à fixer sur la valeur de l'exploitation.

65. — Les minerais qui se trouvent réunis en masses ou en filons sont exploités à la pioche, au marteau, à la pince, etc.; quelquefois on est obligé pour avancer le travail d'employer l'action de la poudre et du feu. On procède par galeries, lorsque les masses sont considérables, et on se contente d'attaquer les parties les plus riches et les plus facilement exploitables, lorsque le minerai se présente en filons ou par blocs séparés.

L'exploitation des minerais en grains, en poussière, et généralement de ceux qu'on peut obtenir à la surface du sol, s'exécute d'une manière plus simple. Au moyen de la pioche et de la pelle on enlève le minerai partout où il se présente, en ayant soin de choisir les endroits où le mélange des terres est moins abondant. Par cette raison, on jette ordinairement de côté la première couche, et on abandonne l'exploitation, dès qu'on rencontre des parties où le minerai devient assez pauvre, pour qu'il soit trop dispendieux de l'amener sur le bocard.

66. — Les opérations du triage et de la macération font ordinairement partie du travail de l'exploitation; elles suffisent toutefois rarement et l'on est obligé d'achever la préparation du minerai dans les lavoirs ou *patouillets*, dans les bocards et dans les fours à griller.

Lorsque les minerais sont en grains très-fins ou en poussière, le lavage suffit pour les débarrasser des terres qu'ils contiennent. On n'emploie pas alors les patouillets qu'on trouve le plus ordinairement joints aux bocards; il suffit de préparer des lavoirs formés de planches assemblées en carré, dans lesquels on dirige un courant d'eau qui se renouvelle constamment pendant la durée du lavage qui s'effectue en agitant le minerai au moyen d'un *roille*, *rolle* ou *rable* en fer attaché à un long manche en bois (fig. 9, Pl. I). Quelquefois, on se sert encore pour le lavage, de grands paniers tressés en fil de fer, à peu près semblables à des paniers à salade, mais plus ouverts par le haut.

67. — *Bocardage et lavage des minerais.* — Le bocardage et le lavage aux patouillets sont les opérations qu'on pratique le plus dans les usines des départements de la Haute-Marne, de la Meuse, des Vosges, de la Haute-Saône, etc., etc., où nous prendrons la plus grande partie de nos exemples. Par cette raison, nous leur consacrerons une description un peu étendue.

Pour placer un bocard dans les meilleures conditions possibles, il faut avoir égard tout à la fois, à la proximité des hauts fourneaux et à celle des lieux d'exploitation du minerai; mais, comme les exigences des localités ne se prêtent pas toujours d'une manière convenable à ces dispositions, et qu'en somme, il faut d'abord trouver un cours d'eau avec une chute assez forte pour faire marcher le bocard, il nous paraîtrait préférable de choisir l'emplacement de cette usine, dans un lieu plus rapproché de l'exploitation. Nous basons cette nécessité sur les résultats du bocardage et sur la plus ou moins grande quantité de terres mêlées au minerai; il est évident que du moment où trois ou quatre

hectolitres de minerai en terre ne doivent plus produire bocardés qu'un hectolitre, les frais de transport depuis l'exploitation jusqu'au bocard, deviennent une question d'argent assez essentielle pour que le fabricant la pèse de très-près.

68. — Pour rendre facile à comprendre l'opération du bocardage, nous renvoyons aux fig. 5 et 6, Planch. Ire, qui donnent une coupe verticale en longueur et un plan du bocard de Laneuveville, près Saint-Joire (Meuse). Ce bocard est destiné à alimenter les usines de Tusey qui en sont distantes d'environ 4 myriamètres. — Sur l'arbre de la roue hydraulique *R* est monté un engrenage *A* qui donne le mouvement à un autre engrenage *B*, établi sur l'arbre des cammes *C* destinées soulever alternativement les pilons *p, p, p*... La roue dentée de l'arbre à cammes donne communication à une autre roue *M* calée sur l'arbre des patouillets *d, d, d*... Ces patouillets composés de quatre barres de fer carré, recourbées deux fois à angle droit, sont placés sur leur axe en formant un croisillon et occupent toute la largeur de la caisse demi circulaire *n, n*, qui est de 4m 40c. Comme cependant, cette caisse peut être trop large pour que les patouillets offrent assez de solidité à cause de leur grande longueur, il est facile de la diviser en deux parties de 2m 20c chacune et de mettre huit barres de patouillets au lieu de quatre. — La batterie du bocard est mise en mouvement par huit cammes qui soulèvent alternativement huit pilons. — Le guide de ces derniers est soutenu par trois colonnes *q, q, q* appelées jumelles, dont l'une est placée au milieu d'eux et les divise par quatre de chaque côté.

69. — L'arbre de la roue d'eau a 4m de longueur sur 0,50 de diamètre; celui des cammes a 4m 50c de longueur sur 0,45 de diamètre; celui des patouillets a 5m, 50c de longueur sur 0,50c de diamètre. Ces trois arbres sont en bois, avec des tourillons en fonte, enchâssés, scellés par des coins en fer et maintenus par des frettes. Les engrenages et leurs paliers, les colliers à cammes, les jumelles, les sabots des pilons, sont en fonte de fer.

70.— Le minerai est amené près du bocard au moyen du chemin de fer *f, f, f*. Là, l'ouvrier bocardeur le prend et le jette sous les pilons, d'où un courant d'eau, *e, e, e*... l'entraîne dans la cuve des patouillets au fur et à mesure qu'il est broyé. — Un orifice est disposé à la cuve pour servir de décharge et maintenir le niveau de l'eau qui est renouvelée constamment par celle qui passe sous les pilons. Lorsque l'ouvrier est certain qu'une assez grande quantité de minerai est entrée dans la cuve à patouillets, il ouvre les dégorgeoirs *h, h, h, h* placés au fond pour laisser écouler l'eau et la mine dans le lavoir rectangulaire *k, k*. Il lave alors, pendant quelques instants, au moyen d'un rable (66); puis il chasse l'eau par les ouvertures *i i i*, et il retire le minerai qui est demeuré au fond du lavoir.

Il est nécessaire pour que le lavage soit bon, que l'arbre des patouillets fasse au moins cinq tours quand la roue hydraulique en fait sept.

71. — Chacun des côtés du bocard peut être desservi par trois hommes, l'un qui amène le minerai, l'autre qui le jette sous les pilons dont il entretient le jeu, le dernier qui termine le lavage et qui enlève le minerai du lavoir pour le transporter sur le parc.

Six hommes en travaillant aux deux côtés du bocard, peuvent faire 25 *queues* bocardées par jour, soit 7 à 800 queues par mois. Dans les bocards qui n'ont d'eau que pour un ou deux mois chaque année, on bocarde nuit et jour, et on peut faire jusqu'à 15,000 queues par mois. Dans les hauts fourneaux ordinaires en moulage où l'on fabrique 1,000,000 kilog., on bocarde tous les ans 4,000 à 4,500 queues, et il faut pour traiter cette quantité de mines au haut fourneau, 2,500 à 3,000 bannes ou doubles kilolitres de charbon de bois.

On donne aux ouvriers bocardeurs 0,50 à 0,60 par queue de mine bocardée. Le prix varie d'ailleurs, suivant la plus ou moins grande quantité de terres mêlées au minerai.

En marchandant ce travail aux ouvriers, il est convenu qu'ils doivent prendre le minerai brut tel qu'il arrive des minières, le faire passer par toutes les opérations du bocard et le rendre en tas sur le parc à mines.

72. — Nous nous apercevons qu'il serait gênant de continuer nos explications sans y jeter quelqu'obscurité, si nous ne disions pas dès à présent quelles sont les mesures usitées dans les hauts fourneaux où nous puiserons principalement nos citations; car, nous aurons souvent besoin d'indiquer ces mesures pour guider nos comparaisons.

Dans les usines des départements de la Haute-Marne, de la Meuse, etc., etc., on recevait anciennement les minerais par *queues* de douze pieds cubes et on les chargeait au fourneau par *baches* d'un demi-pied cube. Depuis la nouvelle loi, on a ramené la queue à cinq hectolitres et le bache à quinze litres; il faut aujourd'hui 33 baches pour la queue de 5 hectolitres, quand auparavant la queue de 12 pieds cubes se divisait en 24 baches.

Le charbon de bois qu'on recevait précédemment par *bannes* de 56 pieds cubes, est reçu aujourd'hui par bannes de 54 p. c. ou 2 kilolitres. — Les *rasses* avec lesquelles on chargeait les hauts fourneaux étaient de 3 pieds cubes et sont restées les mêmes; elles forment maintenant la 18e partie de la nouvelle banne. On les porte assez habituellement en consommation pour 116 litres, afin d'atténuer le déficit qu'on trouve souvent lors de la vidange des halles, par suite du déchet que subit le charbon pendant la manutention, par les fraisils, les poussières, etc., etc.

73. — Les minerais sont mesurés à leur arrivée à l'usine avec un hectolitre sans fond; cet hectolitre qui avait dans le principe 0.503 de hauteur sur 0,503 en haut et en bas, fut ramené à 0,503 de hauteur sur 0,400 en haut et 0,506 en bas, afin qu'on pût le vider plus commodément.

La mesure du charbon qui avait été jusqu'alors de 4 pieds cubes est maintenant de 1/2 mètre cube ou de 1^m à chaque face sur 0,50 de hauteur; il en faut quatre semblables pour la banne.

Au reste, les anciennes mesures usitées dans les hauts fourneaux, étaient fort variables, et souvent deux usines voisines avaient peine à se comprendre, lorsqu'elles voulaient faire des rapprochements entre leurs résultats. — En Franche-Comté, les mesures pour la mine, étaient le cuveau de 5 pieds cubes 2/5 et la conge ou 10e partie du cuveau; et pour le charbon, le van de 12 pieds cubes et la rasse de 3 pieds cubes. — Dans les Ardennes, ces mesures changeaient encore de nom et de contenance.

Enfin, pour éviter toute confusion et pour rendre plus sensibles les rapports que nous aurons à établir entre les divers résultats que nous signalerons, nous emploierons toujours de préférence, les mesures métriques. — Et, s'il nous arrive de citer d'anciennes mesures, nous aurons soin de les mettre en regard avec leur évaluation d'après le nouveau système.

74. — Le mesurage de la mine pour sa réception n'est pas absolument nécessaire; il deviendrait excessivement coûteux dans certaines usines, si l'on était forcé de mesurer hectolitre par hectolitre, quinze ou vingt voitures de mines qui arrivent sur le parc dans un seul jour. Toutes les usines à fer un peu importantes, sont aujourd'hui pourvues d'une grande bascule à peser les voitures; c'est là qu'on reçoit les minerais au poids, et il est ensuite facile de déterminer la quantité d'hectolitres reçus, en connaissant le poids exact d'une de ces mesures, qu'on peut prendre avec la moyenne des poids de plusieurs hectolitres à différents degrés d'humidité. — La réception peut, si l'on veut, se borner au pesage; alors les voituriers sont payés par mille kilogrammes.

Dans les hauts fourneaux qui n'ont point de bascule, on est obligé pour se rendre compte des arrivages, d'estimer à vue d'œil la capacité de chaque voiture qui est amenée. — Avec une grande habitude, et en vérifiant de tems à autre par un mesurage exact à l'hectolitre, on peut arriver à ne pas commettre d'erreurs essentielles; mais il est rare que ce moyen, s'il n'est pas préjudiciable au maître de forges, ne soulève pas de violentes discussions avec les voituriers qui se croient lésés et qui prétendent souvent avoir amené beaucoup plus qu'ils n'ont chargé en réalité.

75. — Nous venons de dire (74) que quelques usines recevaient une forte quantité de mines dans un seul jour; il est évident que de si grands arrivages ne sont pas constans, autrement on aurait bientôt dépassé l'approvisionnement ordinaire du haut fourneau, — on ne peut faire voyager et arriver avec avantages, les minerais, lorsque les usines en sont assez éloignées, qu'à certaines époques de l'année. Il est des circonstances où les transports deviendraient fort coûteux, et il faut choisir les moments où les voituriers sont débarrassés de leurs

travaux d'agriculture, où les mauvais tems ne peuvent gêner la circulation des routes, etc., etc. ; c'est à de semblables époques qu'on peut approvisionner une usine à fort bon compte.

Dans la Haute-Marne, dans la Meuse et dans les Vosges, les transports des minerais pris aux bocards et conduits aux usines, coûtent moyennement 1 fr. 25 c. à 1 fr. 50 c. par mille kilog. pour une distance d'un myriamètre. Il est constant d'ailleurs, que ce prix devient excessivement plus bas pour les usines très-rapprochées de leurs bocards, et quelquefois beaucoup plus élevé pour celles qui, ne pouvant se suffire avec les minerais qui les avoisinent, sont obligées d'en faire venir de bocards éloignés.

76. — L'extraction des minerais en grains du département de la Meuse, revient à environ 0,75 pour une queue de 5 hect. (la queue de minerais en terre provenant de l'extraction, produisant moyennement 1/3 à 1/4 de minerais bocardés). La plupart des usines de ce département font venir par tombereaux, les minerais en terre, des minières au bocard. Toutes proportions gardées, ce transport est d'un prix plus élevé que celui des bocards aux usines, à cause du mauvais état des chemins dans les minières, et parce que, pour la distance à parcourir, quoiqu'étant moins grande, les frais de chargement et de déchargement sont toujours les mêmes. Le prix de ces transports varie de 2 fr. à 3 fr. 50 c. pour 5 hect. de minerai en terre par myriamètre.

77. — Pour indiquer une moyenne du prix de revient des minerais dans la contrée dont nous parlons, nous donnons communication des résultats suivants recueillis au haut fourneau de l'*Abbaye d'Évaux* (Meuse). La consommation d'un grand nombre d'usines environnantes, se trouve à très-peu de chose près, basée sur les mêmes chiffres.

Ces chiffres ont rapport aux minerais de *Biencourt*, d'*Hévillers* et de *Trèveray* dont nous avons déjà parlé (58, 59, 60, 61) et qui sont traités dans plusieurs hauts fourneaux, autres que celui de l'abbaye.

Les mines de Biencourt donnent une queue (5 hectolitres) bocardée pour quatre en terre; celles de Trèveray une pour deux 3/4; celles de Hévillers une pour trois.

Les mines de Biencourt préparées au bocard de *Couvert-Puits* reviennent à :

Descente de la mine en terre sur le bocard, à 0,35 la queue, (4 pour 1.)	1,40
Frais de bocardage.	0,50
Trait et extraction à 0,15 pour une queue en terre 4 (pour 1.) . .	0,60
Frais de roulement, d'entretien du bocard, etc., etc.	0,60
Frais de transport du bocard à l'usine.	2,75
La queue de 5 hect. coûte environ.	5,85

Les mines de Hèvillers bocardées à l'Abbaye, coûtent :

Trait, propriété, etc., etc., à 0,20, (3 pour une).	0,60
Descente sur le bocard de l'abbaye à 1 fr. 20 cent. (3 pour une). .	3,60
Bocardage à l'Abbaye.	0,55
Frais de bocard, transports dans l'usine, etc.	0,85
La queue de 5 hect. revient à.	5,60

Les mines de *Tréveray* coûtent 1 fr. par queue de trait à la commune, mais le transport est un peu moins cher que celui des mines de Hèvillers. — Cependant, en fin d'année, on estime que ces dernières et celles de Tréveray reviennent à l'Abbaye à 7 fr. les 5 hect. et que celles de Biencourt et du Haut-Mansard coûtent 6 fr. à 6 fr. 50 cent. En somme, on mettrait au haut fourneau de l'Abbaye 26 à 28 fr. de minerais pour produire 1000 kilog. de fonte (1).

78. — Par opposition, il est des hauts fourneaux qui consomment des minerais d'un prix beaucoup plus élevé. Celui de Tusey qui brûle à peu de chose près, les mêmes mines que le fourneau de l'Abbaye, les compte à 12 fr. 50 cent. et 13 fr. la queue de 5 hect., parce qu'il est beaucoup plus éloigné des minières. On met à Tusey, environ 48 à 50 fr. de mines pour 1,000 kilog. de fonte.

79. — Les cinq espèces de minerais qu'on employait en 1835 au fourneau de *Vrécourt* (Vosges), coûtaient par queue de 13 pieds cubes, un peu plus forte que celle des hauts fourneaux de la Meuse : celui de *Nijon*, 6 fr.; celui de *Médonville* 7 fr.; celui de *Champigneules* 6 fr.; celui de *Jussey* 8 fr.; celui de *Montreuil* 20 fr.

Les trois premiers minerais provenant du département des Vosges, sont des minerais en grains, peu productifs; ils donnent une fonte aigre et cassante. Le minerai de Jussey (Haute-Saône) est en roche, il s'emploie seulement concassé au marteau à main, sans autre préparation, et il produit environ 30 pour cent; sa fonte est de médiocre qualité et son mélange avec les trois premiers minerais donnerait un mauvais produit. On avait été forcé jusqu'en 1835 de consommer au fourneau de Vrécourt, une forte proportion de minerai de Montreuil (Haute-Marne), qu'on prenait à environ 10 myriamètres de l'usine, et qui par suite du

(1) Nous prions nos lecteurs de vouloir bien considérer toutes ces évaluations, plutôt comme devant servir de points de comparaisons ou de rapprochements par voie d'inductions, que comme des résultats fixes et invariables. Il est certain que d'un jour à l'autre, les usines dont nous parlons, sont à même, à la suite d'améliorations ou de changements dans les lieux de leurs exploitations, d'apporter des modifications notables dans les prix de revient que nous signalons. Nous attachons quelque importance à cette note, dans le but d'éviter pour l'avenir, les reproches qui pourraient nous être adressés sur ce point.

transport coûtait excessivement cher. Le haut fourneau de Vrécourt était chargé de la manière suivante : minerai de Montreuil 0,40; de Nijon 0,20; de Jussey 0,20; de Champigneules 0,10; de Médonville 0,10.

D'après cette proportion, le prix moyen de la mine à Vrécourt, était de 12 fr. 10 cent. par queue de 13 pieds cubes, soit environ 45 à 48 fr. de minerai pour mille kilog. de fonte produite.

80. — Les prix de minerais que nous venons de citer, sont des plus élevés parmi les prix moyens des minerais exploités et rendus sur le parc des usines de la Meuse, de la Haute-Marne et des Vosges.

La majeure partie des hauts fourneaux de ces départements, ont les minières à proximité, et il en est quelques-uns où le prix de la queue de mine (5 hect.) ne dépasse pas 4 fr. 50 cent. à 6 fr. Par une heureuse compensation, certaines usines où les minerais coûtent fort cher, obtiennent les charbons de bois à des prix peu élevés, ce qui contribue à égaliser pour toutes, les chances de prospérité. Il faut cependant excepter une grande partie des usines de la Haute-Marne, qui sont tellement rapprochées les unes des autres, qu'il surgit une concurrence excessive pour l'approvisionnement du combustible, lors de l'adjudication des coupes de bois. De là, des hauts fourneaux dont les produits reviennent à des prix exorbitants, et d'autres qui chôment faute d'avoir pu se procurer la quantité de bois nécessaire pour tenir la campagne. Cet état de choses devra cesser nécessairement avec la mise à fin du canal de la Marne au Rhin, dont la navigation facilitera l'approvisionnement des usines qui voudront employer le coke de préférence au charbon de bois.

87. — *Grillage des minerais.* — Le grillage ou la calcination des minerais a pour but de les séparer du souffre qu'ils contiennent, en le volatilisant, de chasser l'acide carbonique et d'enlever l'eau dont ils sont imprégnés.

On opère ordinairement le grillage pour les minerais en roche qui contiennent du soufre et pour les minerais durs dont on veut diminuer la cohésion, en augmentant par conséquent les effets de l'affinité.

Si le prix du combustible et si la main d'œuvre ne s'opposaient, on ferait bien de soumettre au grillage, la plupart des minerais (ceux en grains ou en poussière seulement exceptés) afin de les diviser et de leur enlever l'eau dont ils contiennent toujours une forte proportion. Pour éviter les dépenses du grillage, on remplace quelquefois celui-ci par la macération ou séjour à l'air (63) qui remplit une partie des conditions dont nous venons de parler.

82. — Le degré de chaleur du grillage doit être proportionné à la fusibilité des minerais. En forçant la température, on obtiendrait des scories vitrifiées qui, quoique très-fusibles, ne se réduisent pas facilement, et l'opération ne tendrait qu'à augmenter les difficultés de la réduction, lors du traitement au haut fourneau.

Il est évident qu'avec une chaleur trop faible, l'opération n'atteindrait pas parfaitement son but. Le minerai ne serait grillé qu'à sa surface, et son noyau n'aurait profité d'aucun des avantages qu'on doit attendre du grillage. Au reste, il est toujours bon de concasser les morceaux de minerais, de telle manière qu'on ne soit pas obligé d'employer une forte température pour les griller jusqu'au centre. Le volume à donner aux fragments, dépend principalement de la nature des minerais, mais M. Karsten estime qu'on ne doit pas lui faire dépasser dans aucun cas, celui de 30 décimètres cubes.

Lorsque le grillage a lieu dans de bonnes conditions, l'expérience a prouvé au contraire, qu'il y a économie de combustible dans le traitement au haut fourneau, que le produit en fonte est plus grand, en même tems que celle-ci acquiert une meilleure qualité, enfin, que la fusion du minerai est plus rapide.

83. — Le grillage des minerais a lieu souvent dans des fours carrés ou rectangulaires. Ces fours sont composés tout simplement de quatre murailles de 2^m à 4^m d'élévation. Le sol formant le fond du four est pavé; on y pose une couche de menu bois ou de braise, puis une couche de minerai, et on alterne ainsi les charges jusqu'à la hauteur des murs. On met ensuite le feu par le bas, après avoir eu soin de ménager sur les quatre faces, des ouvertures pour activer la combustion. — Le minerai grillé est retiré par une portière qu'on ne doit pas négliger de boucher aussitôt après la mise en feu.

84. — Dans quelques endroits, on grille les minerais, en suivant à peu près le même système, mais en plein air et sans aucune autre dépense que le pavage du sol; ce procédé offre moins d'économie que le premier pour le combustible et procure un grillage qui n'est pas aussi uniforme.

85. — On pratique aussi le grillage dans des fours à réverbère, ou dans des fourneaux à cuve dont la forme est quelque peu semblable à celle des ouvrages de hauts fourneaux. — Dans les premiers, on opère comme pour la fusion du métal, les minerais n'étant pas en contact avec le combustible; il faut avoir soin, toutefois, d'en remuer de tems en tems la masse déposée sur la sole, afin que toutes les parties soient grillées d'une manière égale. Dans les fourneaux à cuve, le minerai est déposé comme dans les fours carrés, par couches alternées avec des lits de charbon de bois ou de houille.

86. — Les formes les plus usitées pour les fours à cuve, sont celles d'un cylindre, d'un cône tronqué avec la plus grande base en haut, ou d'une capacité ovoïde. Ces deux dernières formes sont indiquées par les fig. 1, 2, 3 et 4 de la planche Ire.

Le four (fig. 1 et 2) peut être aidé par un courant d'air, au moyen de la communication *a a*, sur laquelle on établit un registre devant servir au besoin à modifier le tirage, ou à l'arrêter tout à fait. Les couches de minerais et de combustible superposées, s'appuient sur la grille de fond *c*. Le minerai est

retiré par les deux orifices *o o* au moyen du crochet en fer représenté par la fig. 8.

Le ringard ou aiguille (fig. 7) sert à travailler sous les barreaux de la grille, lorsqu'il est nécessaire d'activer la combustion. On l'emploie aussi au grillage, dans le four (fig. 3 et 4) dont les portières inférieures *m m* servent à retirer le minerai et à conduire le feu, pour établir le jeu de l'air et pour appeler la descente des charges.

Le fourneau à capacité ovoïde (fig. 1 et 2) peut également être échauffé par la flamme d'un four à réverbère, introduite par la communication *a a*. Il serait facile encore d'employer pour le chauffage, l'action des gaz descendus du gueulard d'un haut fourneau, en se servant toujours du même canal *a a*. Dans un cas comme dans l'autre, il serait utile de charger le minerai en morceaux aussi gros que possible, sans nuire cependant aux résultats du grillage. Cette mesure serait prudente pour amener le passage constant de la flamme dans toute la capacité de la cuve.

Nous avons terminé par des lignes brisées, une portion du fourneau (fig. 1 et 2) pour indiquer qu'il serait commode de disposer plusieurs fours semblables dans un même massif de maçonnerie.

87. — On peut encore employer comme combustibles dans les fours à griller, des criblures de coke, du bois et même des broussailles pour les minerais tendres. — Il est évident qu'alors, on doit établir les charges de minerais plus minces et celles de combustibles plus épaisses, en raison du peu de qualité de ce dernier.

Lorsque les minerais sont sortis des fours à griller, il est bon de les étendre sur le sol, par couches minces et de les laisser exposés à l'air pendant quelques jours; on peut même les arroser légèrement et les éteindre dans l'eau. Ces précautions contribuent à les débarrasser des acides sulfuriques.

88. — Pour griller les débris de minerais, on les mélange avec un peu d'argile, de manière à pouvoir les façonner en mottes qu'on jette dans les fours de grillage. On utilise aussi les criblures provenant du grillage, en y mêlant un lait de chaux assez épais pour qu'il soit facile d'en former des briquettes, qui étant séchées, peuvent être chargées dans les hauts fourneaux et entrer pour un dixième ou un douzième dans la charge. Ces moyens d'employer avantageusement les débris et les criblures de minerais, ont été introduits avec succès aux usines de *Lavoulte* (Ardèche), par M. Walter, à qui nous empruntons les chiffres suivants relatifs à la consommation du combustible, par rapport à la quantité de minerai grillé.

A *Lavoulte*, la consommation en houille menue et debris de coke, est d'environ 4 à 4 1/2 pour 0/0 du poids des minerais grillés. Lorsqu'on pousse les fours avec activité, de manière à griller dans chacun d'eux 15000 kilog. de minerai

par 24 heures, la consommation en houille peut s'élever jusqu'à 5 pour 0/0. Le prix moyen de la main d'œuvre pour le grillage, est d'environ 0,05 à 0,06 centimes par 100 kilog. de minerai grillé.

Aux usines de *Vienne* (Isère), où l'on grille les mêmes minerais qu'à Lavoulte, mais dans des fours coniques, au lieu de fours ovoïdes, on brûle 7 à 8 pour 0/0 de houille, le produit journalier de chaque fourneau n'étant que de 8 à 9000 kilog. de mineral grillé. — Aux usines d'*Abersychan* (en Angleterre), on grille dans chaque four et par 24 heures, 18 à 20000 kilog. de minerais carbonatés lithoïdes, avec une dépense de 4 à 5 de houille pour 0/0 de minerai.

DES FONDANTS.

89.— *Nécessité et emploi des fondants.* — On trouve peu de minerais dont il est possible d'opérer la liquéfaction, sans l'addition de quelque *flux* ou *fondant* qui est nul dans le produit de la fonte, mais qui joint après la fusion aux matières étrangères, terreuses ou siliceuses mêlées aux minerais, forme la combinaison appelée *laitier* (54), masse vitrifiée et opaque qui étant plus légère que la fonte, la recouvre dans le creuset, surnage et finit par s'écouler.

90. — Le choix et la répartition des fondants, sont déterminés par la nature des minerais que l'on doit traiter; ils ont pour bases ordinaires la chaux, la silice, l'alumine et la magnésie.

Si les minerais sont siliceux et contiennent de l'alumine, il convient d'employer un fondant calcaire appelé *castine* par les ouvriers des hauts fourneaux. On rencontre ce fondant à l'état de calcaire pur dans les pierres à chaux qui, avant l'emploi, sont concassées au marteau, par morceaux dont la grosseur ne doit pas dépasser celle des plus gros fragments de minerais, dans les débris provenant de l'exploitation des carrières de marbre, etc., etc.

On emploie beaucoup un calcaire assez pur qu'on recueille à la surface ou à l'intérieur de la terre, sous la forme d'un sable semblable à la grève des rivières. — Dans quelques usines, cette castine est utilisée après avoir été seulement tamisée au crible; ailleurs, on doit la passer au lavoir dans des paniors en fil de fer, afin d'en séparer les terres qui s'y trouvent mêlées.

Si le mineral contient lui-même des parties calcaires, il est important de le corriger par un fondant argileux auquel on donne le nom d'*herbue*.

Il arrive quelquefois qu'on peut éviter l'addition d'un fondant, en mélangeant par proportions diverses, des minerais dont les gangues ne sont pas les mêmes, ou en ajoutant un minerai stérile, c'est-à-dire d'un produit en fonte presque nul, mais qui porte avec lui une grande quantité des terres nécessaires à la fusion. — On emploie ainsi au fourneau de *Vrécourt* (Vosges) le minerai de *Graffigny* qui remplace la castine. — Le produit de ce minerai (4 ou 5 pour 0/0 environ)

couvre les frais d'extraction et donne aux propriétaires de Vrècourt un certain bénéfice sur le fondant qu'ils étaient autrefois obligés d'aller chercher très-loin.

91. — *Influence des fondants.* — La quantité de fondant à ajonter au minerai ne peut être déterminée que par une grande babitude; et, l'on ne saurait apporter trop de soin dans l'appréciation de cette quantité, la marche d'un haut fourueau étant toujours singulièrement influencée par un mauvais dosage de castine ou d'herbue, suivant les circonstances.

La plupart des minerais brûlés dons les usines dont nous avons parlé (58, 60, 77, 79 etc.,) sont fondus avec nn mélange de castine. — L'herbue n'est admise qu'eu très petite quantité, et le but de son emploi est de conserver, en les recouvrant d'une couche vitrifiée, les parois des hauts fourneaux qui sont montés en sable.

92. — On arrive par tâtonnements et en prenant pour base les résultats des essais opérés d'abord sur les minerais, lorsqu'il s'agit de déterminer la dose exacte du fondant. — L'expérience est le premier guide à cet égard; et du reste, en suivant avec attention, le travail des hauts fourneaux comme nons l'expliquerons plus loin, on est peu de tems pour arriver à régler les mélanges de la manière la plus convenable.

— Une trop grande quantité de castine ajoutée au minerai provoque toujours de la fonte blanche. En effet, la castine est mêlée aux minerais siliceux et à bases terreuses, pour augmenter la fluidité du laitier, tout en leur conservant le degré de calorique qu'ils doivent atteindre en arrivant au point de fusion; mais si une dose extraordinaire de fondant vient rendre trop sensible la liquéfaction du laitier, celui-ci ne suffit plus pour protéger la fonte à son passage à la tuyère, et il arrive alors, que l'action immédiate du vent sur le métal dépouillé, produit un affinage qui en dénature entièrement la qualité.

— Le manque de fondant calcaire produirait l'effet contraire; il en résulterait un laitier gras, visqueux, d'une température peu élevée, et outre le travail pénible que nécessiterait le *hâlage* d'un pareil laitier hors de l'ouvrage d'un haut fourneau, on n'obtiendrait qu'une fonte épaisse et louche, dont une grande partie perdue dans les scories, diminuerait sensiblement le produit. — Le même inconvénient subsiste, si l'on emploie l'herbue en trop grande quantité, celle-ci donnant elle-même après sa fusion, un résidu pâteux qui contribue à épaissir le laitier et qui amène les obstructions du fourneau. — Il est convenable pour éviter autant que possible ces obstructions, de faire sécher l'herbue qu'on veut employer, en l'étendant préalablement autour du gueulard du fourneau. — L'exemple suivant montrera combien il est dangereux d'employer l'herbue humide et en trop grande quantité.

93. — A une des mises en feu du haut fourneau de Tusey (Meuse) nous avions

recommandé au fondeur de service, de jeter au gueulard pendant les premières charges qui suivraient la mise en feu, quelques pelletées d'herbue sèche, destinée à garnir les parois du fourneau et à les garantir des fissures qu'aurait pu produire le haut degré de température amené d'abord par la combustion des charges qui ne portaient qu'une faible dose de minerai. Cet ouvrier, persuadé qu'il obtiendrait un résultat plus favorable avec de l'herbue humide, s'avisa d'en jeter au fourneau, une bâche par charge. Le lendemain, nous eûmes dans l'ouvrage, un engorgement tel que les deux tuyères se trouvèrent entièrement bouchées, et qu'il nous fut impossible de continuer le travail. La masse vitrifiée avait totalement rempli le creuset, et nous fûmes obligés de pratiquer avec des ringards et à coups de masse, une saignée de communication entre les deux tuyères et le devant du creuset; en soufflant alors alternativement par l'une et par l'autre tuyère, nous arrivâmes à faire écouler la fonte par l'avant creuset et par les ouvertures faites de chaque côté.

Ce fut seulement 24 heures après, que nous parvînmes à débarrasser l'ouvrage, pour que l'on pût y laisser séjourner la fonte ; et cela, à la suite d'un travail opiniâtre qui consistait principalement à soulever au ringard des couches de la masse agglomérée, et à faire passer entre ces couches, un filet de fonte qui les échauffait, les entraînait, ou permettait de les retirer avec les pinces, quand on avait réussi à les décoller. — Nous entretînmes pendant toute la durée de l'opération, le vent à la pression de 0,06 de mercure, avec des buses de 0,056 de diamètre, et nous eûmes soin de laisser passer constamment la flamme par le devant du fourneau et par la tuyère où l'on ne soufflait pas.

Nous nous dispensâmes ainsi de mettre le fourneau hors de feu, et nous pûmes nous en tirer (à part les matériaux perdus pendant le travail) avec deux coulées de fonte blanche peu liquide et sans chaleur, qui ne pouvaient nous manquer, mais qui achevèrent de nettoyer l'ouvrage. — Le fourneau reprit alors une marche régulière, sans se ressentir en rien jusqu'à la fin de la campagne, de cet incident qui après trois jours seulement, depuis le commencement du train, devait amener la destruction complète des parois et nécessiter la mise hors.

DES COMBUSTIBLES.

94. — *Combustibles employés pour la fabrication de la fonte.* — Les combustibles dont on fait usage dans les hauts fourneaux sont principalement le *charbon végétal* ou *charbon de bois*, qu'on obtient par la carbonisation du bois, et le *coke* qui provient de la carbonisation de la *houille* ou *charbon minéral.* On a fait, depuis quelques années, différentes expériences ayant pour but d'employer la *tourbe* carbonisée, en la mélangeant avec de certaines

proportions de charbon de bois; on a fait l'essai et on se sert encore du bois vert, du bois desséché, du bois torréfié, etc., etc. Nous reviendrons plus loin sur ces procédés.

Ainsi que nous l'avons dit, nous parlerons peu des hauts fourneaux en moulages marchant au coke, et quoiqu'il soit cependant des circonstances où il y a avantage à employer ce combustible, nous nous occuperons plus spécialement des hauts fourneaux au charbon de bois. Nous consacrerons toutefois, quelques paragraphes à la fabrication et à l'emploi du coke, d'abord en ce qui concerne les hauts fourneaux, plus tard, quand nous parlerons des fonderies de deuxième fusion.

95. — *Du charbon de bois.* — Le prix élevé du charbon de bois, la consommation extraordinaire qu'en font les hauts fourneaux, réclament de la part du maître de forges, une étude toute particulière de ce combustible. La plupart des usines que nous avons citées jusqu'alors, emploient le charbon de bois carbonisé en meules dans les forêts et charrié ensuite sur des voitures légères, tressées en osier ou en ramilles. Ces voitures appelées bannes du même nom que la mesure de charbon dont nous avons parlé, contiennent quelquefois 4 et 5 bannes de 2 kilolitres (54 pieds cubes) et sont traînées par plusieurs chevaux, lorsque les lieux d'exploitation offrent des débouchés peu faciles.

Les renseignements que nous allons donner sur l'exploitation, la carbonisation, etc., des bois, sont de ceux qui conviennent plutôt aux conducteurs de hauts fourneaux, qu'aux marchands de bois qui dirigent leurs exploitations dans le but spécial de leur commerce, pour obtenir, soit des bois de chauffage, soit des bois de construction, soit du charbon pour l'approvisionnement des grandes villes, etc., etc. On comprendra que nos explications ne pourront être que de la nature de celles qui doivent se trouver dans un traité de fonderie, lequel d'ailleurs, se resserrera dans de certaines limites qui ne nous permettront souvent pas d'entamer de trop longs développements (1).

96. — Les différentes essences de bois, exploitées le plus communément en France, sont : le chêne, le hêtre, le charme, l'orme, le bouleau, l'aune. On emploie cependant le peuplier, le sapin, le pin, le mélèze, le tilleul, etc., etc., mais les charbons provenant de ces bois sont des charbons tendres et de mauvaise qualité; employés seuls au haut fourneau, ils ne portent qu'une faible quantité de minerai et ils n'offrent que peu d'économie au métallurgiste. — Le

---

(1) Le traité de l'exploitation des bois, par Duhamel Dumonceau ; le Guide du commis de bois par...., l'Art des forges de *Pelouse*, peuvent donner des détails étendus sur ce sujet.

pin est celui de tous les bois tendres qui donne les charbons les moins poreux ; jusqu'à présent, on l'a très-peu exploité et son exploitation est d'ailleurs peu avantageuse, cet arbre ne pouvant être mis en coupe avant l'âge de 70 à 80 ans.—Le chêne fournit les charbons les plus durs et les plus pesants; mais on lui préfère très-souvent le hêtre et le charme dans les usines où l'on brûle des minerais en grains, surtout lorsque les charbons de ce bois proviennent de quartiers, ou bien encore des débris que les ouvriers appellent *cantiberts*, faits par l'équarrissage des arbres; ces charbons qui, quoique très-durs, sont feuilletés par couches (comme le bois de chêne lui-même lorsqu'il demeure longtems exposé à l'air), retiennent une certaine dose de minerais, inconvénient d'une influence très-nuisible sur le produit des hauts fourneaux, où l'on ne dispose pas d'une grande force de vent, et où pendant le travail on est souvent forcé de retirer de l'ouvrage, une grande quantité de charbons non entièrement consumés.

97. — Le rendement des bois en charbons, est excessivement variable; il dépend surtout de la nature et de la qualité des bois. Lorsque ceux-ci ne sont pas coupés dans des tems inopportuns, c'est-à-dire au moment de l'expansion de la sève, lorsqu'ils ne sont pas carbonisés trop verts ou *piqués* à la suite d'un long séjour dans la coupe, lorsqu'on ne les emploie pas malades ou à moitié pourris, il est évident que le produit en charbons doit être meilleur que si la carbonisation avait lieu dans les circonstances défavorables que nous indiquons. — Il est certain aussi, que les résultats doivent singulièrement varier suivant les procédés employés pour carboniser.

Nous donnons les chiffres suivants obtenus à la suite d'une série d'expériences que nous avons faites, plutôt pour en déduire des termes de comparaison entre les produits de différents bois, que des points maximum ou minimum du rendement de chacun d'eux.

ESSENCE DES BOIS.	CHARBON	CENDRES.	MATIÈRES PERDUES.
Chêne	0,230	0,025	0,745
Hêtre	0,210	0,080	0,710
Charme	0,185	0,082	0,733
Orme	0,195	0,080	0,725
Bouleau	0,168	0,105	0,737
Aune (peu exploité)	0,170	0,108	0,722
Peuplier (*idem*)	0,150	» »	» »
Sapin (*idem*)	0,182	0,162	0,756

Les essais ont été faits par la carbonisation en meules, sur des tas d'environ 2 mètres de diamètre, et avec des bois qui avaient à peu près deux mois de coupe. Nous les avons répétés plusieurs fois et nous avons trouvé à chacun d'eux, peu de variations pour les prodnits en charbon; nons ne garantissons pas les autres chiffres aussi exacts, parce qu'il nous a été très-difficile d'obtenir la quantité réelle des cendres.

98. — Il est aussi peu facile d'avoir des donnèes bien exactes sur le poids des charbons, que sur le produit des bois. Le poids dn charbon varie suivant l'âge, la grosseur et la plus ou moins bonne qualité du bois. Les mêmes inconvénients qui nuisent aux produits de la carbonisation, se reproduisent pour altérer le poids des charbons.

Le charbon végétal est, comme on sait, très-avide d'eau, et l'humidité qu'il absorbe est une des causes principales des différences sensibles qu'on remarque dans sa pesanteur.

Les expériences qui ont été faites sur les poids des charbons sont bien loin de s'accorder, ainsi que le prouve le tableau comparatif qui suit. On verra qu'il est impossible d'ajouter foi aux résultats de ces expériences qui d'ailleurs, ont été faites sur une échelle très-petite.

ESSENCES des BOIS.	EXPÉRIENCES de RUMFORT.		EXPÉRIENCES de PROUST.		EXPÉRIENCES D'ALLEN ET PEPYS.		EXPÉRIENCES de SCOPOLI.		EXPÉRIENCES de MUSHET.	
	POIDS du BOIS.	POIDS du CHARBON.	POIDS du BOIS.	POIDS du CHARBON.	POIDS du BOIS.	POIDS du CHARBON.	POIDS du BOIS.	POIDS du CHARBON.	POIDS du BOIS.	POIDS du CHARBON.
Chêne. . . .	100	43,00	100	19,00	100	17,40	100	25,00	100	22,68
Orme	100	43,27	100	25,00	»	»	»	»	100	19,57
Hêtre	»	»	»	»	100	15,00	100	21,75	100	19,94
Charme . . .	»	»	100	17,00	»	»	»	»	»	»
Bouleau . . .	»	»	»	»	»	»	100	23,00	100	17,49
Sapin	100	44,18	100	20,00	100	18,17	100	25,00	100	19,20
Pin	»	»	»	»	»	»	»	»	100	16,45
Peuplier . . .	100	43,57	»	»	»	»	»	»	»	»
Châtaignier. .	»	»	»	»	»	»	»	»	100	23,28

Il suffit pour apprécier la valenr des chiffres transmis par MM. Rumfort, Proust, Allen et Pepys, Scopoli et Mushet, de les comparer avec les données

suivantes provenant du pesage exact de charbons obtenus par la carbonisation en forêts et ayant déjà quelque tems de séjour en halle :

Charbon de chêne	. . . .	20 à 24	kilog.	l'hectolitre.
» de bêtre	. . . .	25 à 28	»	»
» de charme	. . . .	22 à 24	»	»
» de pin et sapin	. . . . . .	18 à 22	»	»
» de peuplier, mélèze, tilleul, etc.		14 à 18	»	»

Le résultat de ces pesages tend à prouver, contre les expériences précédentes, un fait dont l'évidence est d'ailleurs démontrée par le principe, savoir, que les charbons de bois tendres sont tendres eux-mêmes et moins pesants que les charbons de bois durs. Le contraire ne pourrait arriver qu'au cas où les charbons de bois tendres auraient absorbé une dose très-forte d'humidité, pour laquelle ils ont plus d'affinité que les charbons durs.

99. — La préparation du charbon jusqu'au moment de son arrivée à l'usine et de sa mise en usage, présente quatre parties bien distinctes qui réclament toutes également les plus grands soins. Nous allons développer successivement ces quatre parties.

L'approvisionnement des coupes de bois dépend entièrement du maître de forges et de l'employé chargé de la partie des bois. (Nous ferons remarquer que l'importance de cette partie exige dans toutes les usines un commis spécial.) Aux mois de septembre et d'octobre, quelque tems avant les ventes de bois, le commis se rend dans les coupes les plus rapprochées de son usine et dans celles qu'il pense exploiter le plus avantageusement; c'est alors qu'il commence les *estimations*.

Les estimations de coupes exigent de la part de ceux qui s'en chargent, une grande habitude. On se dispose ordinairement deux ou trois sur la même ligne et on se partage la coupe par portions égales en la parcourant transversalement; on prend séparément chaque arbre, chaque portion de taillis, et on estime à vue d'œil combien ils peuvent produire de bois de charbonnette, de bois de construction, de ramilles, etc., etc.; on a soin de marquer, lorsqu'on les a estimés, les arbres limites de la portion du voisin, afin que celui-ci ne les estime pas une seconde fois, et lorsqu'on est parvenu ainsi à l'extrémité de la coupe, on revient sur ses pas en se partageant de nouveau les parties non estimées.

Lorsque l'opération est terminée, le commis aux bois réunit toutes les estimations et fait le relevé de la quantité approximative de bois qui pourra être carbonisé; les bois fournis par les troncs, les fagots faits avec les ramilles, les souches, etc., etc., dont on ne pourrait pas tirer du charbon, sont ordinairement vendus à prendre sur place, par le maître de forges qui n'en trouve pas l'emploi dans ses usines. — Il est bon de consigner sur le cahier d'estimations,

des notes renseignant sur les difficultés et la valeur de l'exploitation, sur les débouchés qui sont réservés pour les charrois dans la coupe et hors de la coupe, sur la nature du terrain de laquelle dépend beaucoup la bonté de la cuisson, sur les essences de bois qui dominent, sur la quantité d'arbres réservés par l'administration et sur les soins à prendre pour les conserver, sur la proportion dans laquelle se trouve le gros bois par rapport au taillis, etc., etc.

100. — Suivant la marche qu'on veut imprimer à un haut fourneau, afin d'obtenir une plus ou moins forte quantité de fonte, on peut calculer ce qu'il lui faut de charbons de bois pour l'approvisionnement d'une année. Les hauts fourneaux en moulages qui produisent 100,000 à 120,000 kilogrammes de fonte par mois, consomment environ 3,600 à 4,000 bannes de 2 kilolitres ou à peu près 10 à 12,000 cordes (20 à 24,000 stères) de bois de charbonnette par an.

C'est muni de son cahier d'estimations et sachant d'avance le prix qu'il peut payer les coupes qui lui conviennent, bien que souvent la concurrence les lui fasse payer plus cher, que le chargé des bois se présente aux adjudications. Il arrive fréquemment qu'une même coupe est convoitée par plusieurs acheteurs, elle est laissée alors à celui auquel des conventions amiables l'ont concédée avant l'adjudication, ou bien elle devient quelquefois l'objet d'une enchère qui la fait monter à un prix beaucoup plus élevé que sa valeur réelle. — Le prix de la corde de bois (2 stères) dans les bonnes localités de la Champagne, de la Lorraine, etc., etc., se maintient entre 7 et 10 fr., lorsque le désir de faire une redoutable concurrence aux voisins, ou le besoin de compléter leur approvisionnement, n'amènent pas les maîtres de forges à pousser les enchères à un taux extraordinaire.

Le prix de la corde de bois varie, du reste, suivant la manière dont sont faites les opérations que nous allons développer dans les paragraphes suivants. Cependant, nous pouvons poser comme premier principe, la bonne *estimation* des bois et nous devons faire remarquer que toutes les coupes étant achetées à l'hectare, il est de la plus haute importance de s'assurer autant que possible de la quantité de cordes que l'hectare peut produire, quantité qui varie considérablement.

101. — Après l'achat des coupes de bois, on peut commencer l'*exploitation*. Les arbres et le taillis sont abattus, et le bois est classé suivant la destination qu'on veut lui donner. Il est préférable en général, lorsqu'on en a la facilité, de scier les arbres le plus près possible du sol plutôt que de les abattre à la hache, cette dernière opération étant beaucoup plus dispendieuse que la première sous le rapport du tems et du produit.

Lorsque les arbres sont coupés, on les dépouille entièrement de leurs branches dont une partie est convertie en bois de charbonnette et l'autre en fagots; on scie ensuite le tronc en *blocs* ou *billes* qu'on fend en quatre, six ou huit mor-

ceaux suivant leur grosseur, en ayant soin de conserver pour la construction (et cela se fait surtout dans les contrées où le bois n'est pas très rare) les troncs qui sont bien droits et qui sont d'un trop grand diamètre pour qu'ils puissent être fendus sans une augmentation sensible de dépense. — Les bois piqués ou morts sur pied sont peu convenables pour la carbonisation; il est essentiel de recommander aux coupeurs de les mettre à part pour qu'ils ne soient pas mélangés avec les autres bois lors de l'empilage.

102. — Dans l'ancien système, le bois était coupé à 22° de longueur et on l'empilait par cordes de 49 pieds cubes disposés sur 7 pieds de couche et 46° de hauteur. Aujourd'hui, le bois destiné à la carbonisation est scié à la longueur moyenne de 0,^{m}66 et on l'empile par cordes de 2 stères. — Il est important de choisir pour l'empilage un terrain bien plat, afin qu'à la recette on puisse faire facilement la vérification des cordes; il est bon d'ailleurs, si l'on tient à se rendre un compte bien exact, de prendre la hauteur des empilages à trois ou quatre endroits différents, et de choisir la moyenne pour le calcul du cubage.

Le prix qu'on donne habituellement aux coupeurs, varie entre 0,75 et 1 fr. par corde; on s'entend à l'amiable avec eux pour le sciage des troncs, pour la confection des fagots, pour l'amas des ételes ou copeaux, etc., etc. — Les empileurs reçoivent 0,20 à 0,30 par corde.

103. — Lorsque l'empilage est terminé, et après la réception des cordes par l'employé chargé des bois, on procède à la *carbonisation* qui peut se diviser en deux parties : le *dressage* et la *cuisson*. Ces opérations sont confiées à deux classes d'ouvriers, les dresseurs et les charbonniers, qui ont l'habitude de se réunir pour travailler en société. — Souvent même, quand les travaux ne sont pas pressants, le charbonnier fait l'office de dresseur.

On carbonisait anciennement les bois dans les forêts, en *fosses*, en *tas* ou en *meules*. Les deux premiers procédés qui étaient très vicieux ont été presque entièrement abandonnés. Nous ne nous occuperons actuellement que de la carbonisation en meules, nous réservant de donner plus loin quelques renseignements sur les nouveaux procédés de carbonisation adoptés dans certaines usines, et par lesquels on est parvenu à carboniser et à torréfier les bois dans des fours clos, en employant les flammes perdues des hauts fourneaux, des feux d'affinerie, etc., etc.

104. — On recherche dans les forêts, pour la carbonisation en meules, un emplacement où le charroi des cordes est facile, où le chargement des charbons est commode, où on a l'eau à proximité pour les différents besoins de la carbonisation, et surtout où on a un terrain à l'abri des courants d'air, sans aucune humidité, et dont le sol est sec sans être ni trop compacte, ni trop léger. Ces conditions s'obtiennent assez difficilement toutes ensemble, et c'est à l'ouvrier habile à utiliser les ressources qui lui sont données. Quels que

fussent d'ailleurs les avantages que présenterait un emplacement, il ne serait pas aisé d'y carboniser en totalité, une coupe dont les cordes placées aux extrémités, nécessiteraient un transport fort coûteux, s'il fallait les réunir toutes au même point.

105. — Si le sol où l'on veut cuire est formé de terres légères, la combustion est souvent imparfaite, parce que l'air pénètre par la base et vient gêner le charbonnier dans la conduite de son fourneau. Si au contraire le sol est argileux et serré, il est susceptible de se durcir par la chaleur, et les vapeurs humides dégagées par l'échauffement du bois, restent dans la meule faute d'issue pour s'échapper, éteignent le feu et produisent une grande quantité de *fumerons* ou *mouchons*. — Il est toujours possible de remédier à ces deux inconvénients en composant un sol convenable avec des branchages recouverts de plusieurs couches de terre grasse ou de terre légère suivant les circonstances. La dernière couche du sol qu'on appelle *faulde*, *aire* ou *fond* du fourneau, se compose ordinairement d'un mélange de terre et de *fraisil* (1).

106. — Après la préparation de la faulde, on s'occupe du dressage du fourneau. Le dresseur place au milieu de la faulde un poteau autour duquel il range le bois par couches concentriques; il a eu soin de placer au pied de ce poteau quelques branchages facilement inflammables, car c'est à ce point qu'on met le feu par un canal qui est ménagé au niveau du sol et qui pénètre jusqu'au centre; il conserve d'ailleurs, sur toute la circonférence du fourneau et à différentes hauteurs, de semblables canaux fermés par des rondins placés horizontalement et disposés de telle manière que le charbonnier puisse les retirer pendant la cuisson, s'il le juge convenable, pour augmenter l'ignition.

Quand la première couche de bois est établie sur la faulde, comme nous l'avons dit, par plusieurs enveloppes concentriques dont le nombre varie avec le diamètre qu'il veut donner à la base, le dresseur dispose les unes sur les autres, plusieurs couches successives qui donnent à la meule la forme d'un cône dont la hauteur est environ la moitié du diamètre.

107.—Le dressage d'un fourneau réclame une attention toute particulière, et il

---

(1) Le fraisil que les ouvriers nomment aussi *faisin*, est un composé de poussier de charbon et de terres brûlées; il provient des débris du charbon au moment de son transport, de sa rentrée en halle et de son emploi à l'usine. — Les charbons de chêne en quartiers, ceux de bois à écorces épaisses, les petits charbons de ramées, etc., sont ceux qui donnent le plus de fraisil. — Dans un grand nombre d'usines, le fraisil n'est d'aucune utilité et on l'abandonne souvent aux ouvriers qui s'en servent pour le chauffage. Nous avons trouvé moyen de l'employer d'une façon économique et avantageuse dans les usines de Tusey et de l'Abbaye d'Évaux, en le faisant façonner avec une légère addition de terre grasse, sous la forme de briquettes ou mottes tout-à-fait convenables pour le séchage des moules. Cette méthode est maintenant suivie par un grand nombre de hauts fourneaux en moulages.

est indispensable d'éviter tous les interstices qui pourraient se trouver entre les bûches; on a soin de garnir en les plaçant, les parties creuses des unes par les parties saillantes des autres, et de conserver, afin de former les enveloppes extérieures de la meule, les plus petits rondins qui peuvent se serrer et remplir les vides plus aisément que les gros; cette dernière précaution est nécessaire aussi, pour éviter le déchet qu'apporteraient des charbons trop petits qui, étant placés au centre de la meule, seraient cuits les premiers et seraient infailliblement brisés par l'affaissement qui a lieu au moment de la cuisson. Par la même raison, il ne faut pas négliger de placer pendant le dressage, les bois durs au centre du fourneau, et les bois tendres en dehors, aussi bien que dans la partie supérieure où la combustion ne dure que peu de temps et n'est pas aussi sensible.

108. — Les dresseurs ont quelquefois l'habitude, pour éviter un affaissement trop subit, de planter dans le sol des piquets verticaux sur lesquels ils appuient, en les inclinant, leurs premières enveloppes de bois. Au reste, nous ferons observer que quelle que soit la manière de dresser le fourneau, soit en inclinant toutes les couches vers la perche verticale du milieu, soit en dressant autour de cette perche une petite meule en bois debout qu'on entoure ensuite par des couches posées horizontalement, il est toujours nécessaire que les bûches soient placées en rayons dirigés vers le centre.

109. — Après avoir dressé et bien garni le fourneau, on le recouvre entièrement d'une couche de feuillages, de mousse ou de gazon, sur laquelle on jette une autre couche de terre assez grasse pour adhérer à la première, mais cependant pas assez forte pour se crevasser à la chaleur. Il est bien entendu que l'ouvrier qui ne rencontre pas les terres qui lui conviennent, doit chercher les moyens d'obtenir de bons résultats, en faisant les mélanges nécessaires. On donne à la couverture de terre une épaisseur de 0,05 à 0,06 centimètres; les meules de bois humides ne doivent pas être aussi fortement couvertes que celles de bois sain.

110. — C'est seulement après toutes ces opérations terminées, que le charbonnier met le feu au point central de la meule et qu'il commence le travail de la carbonisation. Comme il est nécessaire d'obtenir, tant pour chasser les vapeurs que pour entretenir la combustion, un grand développement de chaleur aussitôt après le commencement de la cuisson, il est bon de mettre le feu dès le point du jour, afin de pouvoir surveiller plus facilement la marche du fourneau. — Le talent du charbonnier est de savoir porter également la combustion sur tous les points de son fourneau; il doit le garantir du vent ou des forts courants d'air, en dressant autour de lui des paillassons qui servent à maintenir l'atmosphère environnant dans un état régulier.

111. — Le succès de la carbonisation dépend de l'embrâsement rapide et uniforme du fourneau dès le premier abord; lorsqu'après cela, des vapeurs humides et jaunâtres viennent se montrer à la surface de la couverture, c'est un

indice presque certain de l'ignition entière de la meule; il est rare alors que les cendres produites par les matières qui ont servi à allumer le feu et le retrait des bûches qui commencent à subir la dessiccation, n'ocasionnent pas quelques éboulements.

Pour prévenir les suites de ces accidents, le charbonnier refoule le bois et les charbons par une ouverture pratiquée au sommet de la *calotte* de la meule, et il remplit ensuite le trou qu'il a fait, avec quelques bûches recouvertes de fraisil et de terre. — Il garnit avec soin, de gazon et de terre, les crevasses qui ont pu se montrer à la couverture, et il raffermit celle-ci en la battant tout autour avec le plat d'une pelle. — Il lui suffit alors de laisser le fourneau dans cet état pendant deux ou trois jours, en ayant soin de maintenir la combustion d'une uniformité parfaite et de donner air par les soupiraux, lorsqu'il juge, par l'affaissement, que la carbonisation d'une certaine partie de la meule est en retard.

Il serait très préjudiciable que le charbonnier donnât un trop fort courant d'air à son fourneau, mais il lui serait inutile aussi de n'entretenir qu'une combustion lente, qui retarderait l'opération sans l'améliorer.

112. — Au bout de quatre ou cinq jours, quand l'ouvrier est certain que la carbonisation est assez avancée dans les parties basses de la meule, il donne de l'air par quelques soupiraux dans la partie supérieure; il s'occupe alors de tasser cette partie à l'aide d'une perche, afin de faciliter l'affaissement et d'éviter les cavités qui, en donnant retraite à l'air, enflammeraient le charbon.

Lorsqu'enfin la cuisson touche à son terme et que la flamme commence à s'échapper par quelques-uns des soupiraux de la base, il est bon de la provoquer dans les endroits du fourneau où elle ne se montre pas, en perçant des trous dans la couverture et en bouchant ceux où le tirage est trop vif. — Quand le charbonnier juge qu'il est nécessaire d'arrêter l'embrasement, il tamponne toutes les ouvertures et il recouvre la surface de la meule d'une couche de terre humide.

Dans cet état de choses, il laisse le fourneau se refroidir pendant environ vingt à vingt-quatre heures, après lesquelles il enlève les couvertures pour retirer les charbons dont il forme sur le sol qui environne la faulde, une couronne assez large exposée au contact de l'air.

C'est alors qu'on peut s'assurer de la valeur des résultats de la carbonisation, en examinant la qualité du charbon. On reconnaît que le charbon est bien cuit lorsqu'il est dur, compacte, sonore, et lorsque sa cassure est brillante.

Le charbon trop cuit est tendre, friable, nullement sonore et absorbant facilement l'humidité. Le charbon qui n'est pas assez cuit est d'une couleur terne, casse difficilement et brûle avec une flamme blanche qui répand de la fumée; il est alors à l'état de fumeron ou de mouchon. Cependant il est préférable de l'obtenir dans ce dernier cas plutôt que de l'avoir trop cuit.

113. — Le diamètre ordinaire des meules dans la partie de la France dont nous parlons, varie entre 4 et 8 mètres; ces meules contiennent de 40 à 60 stères de bois. Cependant dans certaines forêts, on carbonise le bois par meules de 12 à 14 mètres de diamètre, contenant de 100 à 150 stères.

On est peu d'accord sur les avantages qui résultent des plus ou moins grandes dimensions données aux meules. — Il est certain que des fourneaux qui contiennent 120 à 150 stères, par exemple, doivent donner un produit plus considérable en charbon que des petites meules de 50 à 60 stères; on doit éprouver aussi une diminution notable dans les frais de main d'œuvre. Mais il ne faut pas se dissimuler que la conduite de l'opération doit nécessairement présenter de plus grandes difficultés. Si alors, le charbonnier n'apporte pas tous ses soins et la plus active surveillance à la cuisson, on peut craindre que la qualité des charbons devienne moins bonne, et même que le produit soit plus faible que dans les petites meules.

Le volume du charbon produit, par rapport à celui du bois carbonisé, est extrêmement variable. Il est dépendant surtout des procédés employés et de l'habileté du charbonnier. Dans la carbonisation en meules et dans les localités ordinaires, un bon charbonnier ne doit pas mettre plus de cinq stères de bois pour une banne de charbon de deux kilolitres; il en est souvent qui ne mettent pas plus de 4 stères 1/5 à 4 stères, lorsque les emplacements sont très-convenables pour la cuisson et lorsque les bois sont bons. Il est d'ailleurs de l'intérêt des charbonniers de donner les plus grands soins à leurs fourneaux, la cuisson étant payée à la banne.

Le dressage en fourneaux est payé à raison de 0,30 à 0,35 par corde de 2 stères; l'ouvrier dresseur est chargé en outre, de la préparation de la faulde. — La cuisson est calculée sur le prix de 0,60 à 0,70 par banne de deux kilolitres.

114. — La composition et la disposition des fauldes ou fonds des fourneaux exercent encore une grande influence sur les produits. Nous avons expliqué (104, 105) quelles étaient les précautions à prendre pour établir les fauldes de la manière la plus avantageuse. — Pour éviter l'humidité et même la présence de l'eau dans les endroits marécageux ou susceptibles d'être inondés, on doit essayer de les dessécher s'il est possible, en y brûlant des bois morts, des étêles ou des ramilles; cette précaution peut quelquefois suffire dans le premier cas. Mais, si l'on ne parvient pas à assainir le terrain, il faut disposer la faulde sur un grillage formé par des grosses branches ou par des troncs d'arbres serrés les uns contre les autres, et recouverts d'une couche de terre et de fraisil; on peut éloigner le grillage de 0,12 ou 0,15 centimètres du sol en le plaçant sur des cales en bois ou en moëllons.

Le plus souvent on dispose les fauldes horizontalement; quelques charbonniers leur donnent une légère pente de la circonférence au centre, afin de fa-

7

voriser l'écoulement de l'eau provenant de la dessiccation des bois et de la condensation des vapeurs.

Il serait peut-être bon d'employer de préférence à ces deux dispositions, une faulde dont les bords viendraient s'incliner vers le centre, c'est-à-dire, ayant la forme d'un cône renversé, dont la hauteur serait 0,10 à 0,25, suivant le diamètre de la base. On pourrait ménager au centre, un canal souterrain pour l'échappement des gaz, etc., etc., et si la localité le permettait, établir cette faulde en briques maçonnées ou même en fonte; cette dernière disposition permettrait d'opérer plusieurs cuissons sur différents emplacements.

Pour fixer nos lecteurs sur les résultats que pourrait amener l'emploi d'une semblable faulde, nous leur livrons les faits suivants recueillis au haut fourneau de l'Abbaye d'Évaux (Meuse).

Le poids moyen de l'hectolitre de charbon, obtenu par la méthode ordinaire et sur des fauldes horizontales dans diverses coupes exploitées en 1842, par les propriétaires de l'usine de l'Abbaye d'Évaux, était de 24 kilog., soit 480 kilogrammes la banne de 2 kilolitres.

Les places à fourneaux ayant été changées et disposées en forme concave, leurs parois inclinées vers le centre, toutes les autres parties de la carbonisation restant d'ailleurs les mêmes, on obtint avec des essences de bois semblables à celles qui avaient produit l'hectolitre à 24 kilog., du charbon pesant en moyenne 21 kilog. l'hectolitre ou 420 kilog. la banne. Les produits avaient donc subi par le changement de fauldes une perte de 3 kilog. par hect., mais en revanche, ils avaient gagné en volume, la banne de charbon étant obtenue avec 5 stères 10 cent. par le premier procédé, et avec 4 stères 60 par le second.

115. — Nous voici arrivés à la dernière des quatre parties que nous avions déterminées pour l'approvisionnement des charbons. — Cette dernière partie concerne le charroi, la réception à l'usine et la rentrée en halle.

Le charbon est chargé presqu'immédiatement après l'ouverture du fourneau dans les voitures appelées bannes, dont nous avons déjà fait mention (95). — Il faut cependant s'assurer qu'il est assez reposé, pour qu'on n'ait pas à craindre de le voir s'embraser dans les bannes pendant le transport ou après la rentrée en halle. — Il serait inutile de parler des soins que le charbonnier doit observer en amenant le charbon dans les *resses* ou *rasses* (espèces de *vans* contenant environ un hectolitre) qui servent à le transporter dans les bannes, et des précautions que le voiturier doit prendre pour éviter dans sa route les parties mauvaises des chemins où les cahots pourraient en briser une grande quantité. Ces précautions sont trop indispensables pour qu'elles n'existent pas.

116. — Lorsqu'une banne de charbon est arrivée à l'usine, un des côtés de la voiture est soulevé par un cric, deux roues sont enlevées et la banne est renversée au moyen d'un levier. On reçoit alors le charbon en le mesurant avec le 1/2 mètre cube ou quart de banne. — Souvent, lorsque l'on connait la quan-

tité qu'un voiturier peut amener, et lorsqu'après avoir mesuré sa banne plusieurs fois, on s'aperçoit qu'il y a peu de variation, on se contente de s'assurer à vue d'œil pour les voyages suivants, s'il a le même chargement que de coutume et si sa banne n'a pas subi de changements. Certains voituriers essaient quelquefois de tromper l'employé chargé des réceptions en serrant les flancs de leur banne, en la changeant, en entassant les charbons, etc.; ce sont ceux là qu'il faut mesurer très-souvent, et dans les moments où ils n'y comptent pas. Comme d'ailleurs, ce sont presque toujours les mêmes voituriers qui marchandent chaque année le transport des charbons, il est facile au chargé des réceptions de connaître leurs manières d'être et leurs ruses; il peut alors se dispenser de les mesurer à chaque voyage, et s'il a le coup d'œil juste et l'habitude de recevoir des charbons, il peut en les recevant de cette manière, les rentrer en halle avec bénéfice, et compenser ainsi les déchets qui ont toujours lieu après tant d'opérations.

Nous insistons sur ces détails, parce que le mesurage des charbons, au moyen du 1/2 mètre cube deviendrait fort coûteux et fort difficile à pratiquer, lorsque les rentrées se succèdent rapidement, et aussi parce qu'on manque d'autre moyen bien convenable pour vérifier les arrivages, le poids des charbons étant trop variable pour qu'on puisse songer à la vérification par le pesage.

117. — Le charbon, à son arrivée à l'usine, doit toujours être mis à couvert. — Il faut choisir pour la construction des halles ou magasins à charbons, des endroits exempts d'humidité comme aussi à l'abri d'une trop grande sécheresse. Les halles doivent être construites sans piliers à l'intérieur, avec des charpentes très-simples pour faciliter la rentrée des charbons; on n'y ménage pas d'autres ouvertures que des grandes portes où entrent les premières bannes arrivées, parce qu'on les décharge de suite à l'intérieur, et quelques ouvertures basses qu'on laisse au-dessus des portes, pour achever de remplir la halle lorsque les charbons sont arrivés à cette hauteur.

Quand la circulation n'est plus libre dans la halle, les bannes sont renversées devant la porte et le charbon entassé jusqu'au dessous des combles par des ouvriers qui le portent avec des rasses et qui établissent des chemins en planches pour ne pas l'écraser en marchant. — La rentrée des charbons est, au reste, tout-à-fait dépendante de la construction des halles, mais comme toutes les opérations précédentes elle exige de grands soins. Un ouvrier spécialement affecté à ce genre de travail doit être avec un seul aide, chargé de la rentrée des charbons; il est essentiel de ne lui adjoindre d'autres ouvriers étrangers à sa besogne, que dans les cas peu communs où l'on carbonise en même temps dans plusieurs coupes et où les arrivages sont nombreux (1). — Ce travail qui, comme il est facile

(1) Il faut, pour que le maître de forges se décide à carboniser simultanément dans plusieurs coupes, qu'il se soit mis en retard dans ses exploitations ou que les mauvais tems aient empê-

de le voir, exige plus de précautions que de savoir faire, peut être confié à des manœuvres dont la journée est de 1 fr. 25 à 1 fr. 50 cent.

Le transport des charbons est payé aux voituriers par accords faits avec eux et suivant les difficultés qu'offrent les chemins qu'ils ont à parcourir quand les coupes sont placées dans un rayon de deux ou trois lieues aux environs de l'usine. Cette distance passée, et lorsqu'ils voyagent sur les routes ordinaires, on leur donne ordinairement 2 fr. par myriamètre et par banne de 2 kilolitres. — Par suite de cet exposé, il est facile de se convaincre que le prix du transport des charbons est proportionnellement plus élevé pour les coupes les plus rapprochées des usines que pour celles les plus éloignées.

118. — Nous insisterons, avant d'aller plus loin, sur la surveillance exacte et rigoureuse que les commis chargés des bois et des réceptions doivent apporter aux diverses opérations que nous venons de détailler. — Toutes ces opérations sont tellement multipliées et dépendantes les unes des autres, que le moindre abus qui aurait lieu dans l'une d'elles influerait énormément sur le prix de revient du charbon à sa rentrée en halle. Il nous suffira, pour convaincre nos lecteurs de l'enchaînement qui existe entre toutes ces parties, de faire la récapitulation suivante :

1° Achat des coupes de bois par hectare, suivant l'estimation du commis des bois.

2° Coupe des bois et triage de ceux dits de charbonnettes, travaux qui, s'ils sont mal faits, influent sur les résultats de l'estimation.

3° Empilement des cordes, d'après lequel sont payés les ouvriers coupeurs et empileurs.

4° Dressage en fourneau payé aussi par la réception de l'empilement.

5° Carbonisation payée à la banne par la production du bois en charbons.

6. Transport des charbons à la banne.

7° Réception à l'usine, suivant laquelle sont payés les charbonniers et les voituriers.

Il est facile de voir, qu'à part les soins généraux qu'exigent les opérations désignées, les points essentiels pour le maître de forges sont la réception des

---

ché les charbonniers de cuire. — Ordinairement on ne carbonise que dans une ou deux coupes à la fois, et on emploie les mêmes chantiers de dresseurs et de charbonniers, qu'on fait passer d'une coupe dans une autre, quand la première est achevée. Nous dirons au reste, plus loin, combien on a besoin d'éviter les charbons chauds et quels avantages on retire en les laissant reposer quelque tems en halle, avant de les brûler au haut fourneau.

cordes après l'empilement et celle du charbon à son entrée à l'usine. Que l'ignorance ou la négligence viennent attaquer ces deux points, et la banne de charbon subit une augmentation sensible.

Outre l'exactitude qui est nécessaire aux réceptions, on ne doit pas cesser d'apporter une surveillance de tous les instants aux travaux de préparation du charbon. — C'est, parmi ceux-là, aux procédés de carbonisation qu'on doit accorder la plus grande attention, car c'est par eux surtout, qu'on peut amener d'importantes améliorations dans la qualité et dans le prix de revient du combustible végétal.

119. — *Torréfaction et carbonisation du bois en vases clos.* — La nécessité d'obtenir les charbons avec la plus grande économie possible, a engagé dans ces derniers tems un grand nombre de maîtres de forges à faire de nombreux essais sur la carbonisation. — Dans presque toutes les expériences qui ont été faites, on a trouvé, comme on devait s'y attendre, des variations sensibles, soit pour le produit en volume, soit pour le produit en poids. — On a obtenu souvent l'un quand on n'avait pas l'autre, mais rarement on est parvenu à acquérir le double avantage du bénéfice en poids et de celui en volume.

On avait pensé d'abord que la carbonisation en fours clos, était appelée à procurer une grande économie dans la production du charbon.— On a fait pour y arriver d'immenses dépenses, et les appareils qui ont été construits, ont été pour la plupart abandonnés ou employés à la torréfaction.

Un des premiers procédés parmi ceux qui ont paru, est celui pour lequel M. *Houzeau-Muiron* (de Rheims) a pris un brevet, et qui a été expérimenté avec quelque succès au fourneau des Bièvres (Ardennes). — Le bois était coupé en rondins de 0,10 à 0,12 cent. au moyen de scies circulaires; puis on le jettait dans des fours clos qu'on chauffait par la flamme du gueulard du haut fourneau.— Lorsque la torréfaction était assez avancée, les mouchons étaient immédiatement chargés avec le minerai et avec une certaine proportion de charbon.

La charge de chaque four était d'environ 200 kilog. de bois, elle produisait 85 à 90 kilog. de mouchons ou bois torréfié.—Le rendement était de 66 pour 0/0 en volume et de 45 pour 0/0 en poids.

Suivant un état comparatif dressé sur les lieux par les maîtres du haut fourneau des Bièvres, il résultait une économie de près de moitié en faveur de la torréfaction sur la méthode ordinaire de carbonisation. Mais cette conséquence devait perdre nécessairement de sa valeur, le bois torréfié ne pouvant porter à poids et à volume égaux, autant de minerai que le charbon.

Les frais de carbonisation étaient d'ailleurs fort élevés au fourneau des Bièvres, et nous savons de bonne part que les bénéfices annoncés étaient loin de s'élever au taux que nous venons d'indiquer.

120. — On a fait des essais semblables, avec les plus grands soins, au haut fourneau de *Montiers sur Saulx* et aux forges de *Commercy* (Meuse). Les résultats ont été loin de valoir ce que les expériences de M. Houzeau-Muiron avaient semblé promettre dès le premier abord.

Dans ces deux usines, les fours clos étaient construits en plaques de fonte assemblées par des boulons; cette disposition peut suffire pour donner une idée du prix élevé des appareils qui demandaient une surveillance et un entretien fort coûteux. — Les fours étaient chauffés à Montiers sur Saulx par la chaleur du gueulard, et à Commercy par la flamme perdue des feux d'affinerie; on obtenait, à la vérité, une économie sensible en poids et en volume, chose qui doit naturellement exister tant que le bois n'est pas complètement réduit en charbon; mais les mouchons provenant de la torréfaction brûlaient avec une trop grande vitesse et ne rendaient pas les avantages attendus dans le travail au haut fourneau.

121. — Les faiseurs d'expériences se sont bientôt convaincus que la torréfaction et la carbonisation en vases clos n'atteignaient pas le but économique qu'ils s'étaient proposé. — Forcés de se rendre à l'évidence, ils ont abandonné aujourd'hui la plus grande partie de leurs appareils.

En effet, si pour carboniser le bois, on veut employer un vase clos, il est nécessaire que ce vase soit rempli bien également partout, de combustible, et il faut aussi que le volume de ce vase diminue comme le volume du bois qui le remplit; il est essentiel encore, que non-seulement des trous soient pratiqués pour l'échappement des vapeurs et des gaz produits par la carbonisation, mais encore que ces trous s'affaissent en même tems que le bois. — Il n'est donc guère possible d'exécuter un pareil vase avec des métaux.

Les appareils les plus parfaits dont on puisse se servir pour la carbonisation, sont sans nul doute ceux qu'on emploie tous les jours dans les forêts. — Il s'agit seulement de les améliorer, en apportant plus de soins qu'on n'en a mis jusqu'alors à la conduite et à la disposition des meules.

122. — *Quelques nouveaux procédés de torréfaction et de carbonisation en forêts.* — MM. *Dupont* et *Dreyfus*, propriétaires des usines d'*Apremont* et *Chéhéry* (Ardennes), ont apporté d'utiles innovations dans la torréfaction et la carbonisation en forêts. — Ils ont obtenu, aussi bien que dans les fours clos, une différence notable en poids et en volume, entre les produits de la torréfaction et ceux de la carbonisation; mais leurs bois torréfiés, brûlés à l'air chaud au haut fourneau de Chéhéry, étaient d'un meilleur emploi que ceux de M. Houzeau-Muiron. — On pourra s'en convaincre en prenant connaissance d'un roulement du haut fourneau de Chéhéry, en novembre 1841, avec 11/12 de bois torréfié et 1/12 seulement de charbon. Nous indiquons ce roulement à la fin de notre travail sur les hauts fourneaux.

Voici comment a lieu la torréfaction par le procédé Dupont et Dreyfus :

Au lieu de dresser le bois, on le place en long en formant une espèce d'ovale dont l'entrée est fermée avec soin par une taque en fonte. — On introduit la chaleur dans l'intérieur, au moyen d'un tube plat en fonte de 0,33 de largeur sur 0,03 de hauteur; ce tube est placé au niveau du sol.

On emploie, pour pousser la chaleur dans le conduit, un ventilateur à six ailes, de la grandeur d'un van d'Allemagne. Il faut tourner doucement pendant trois heures en commençant; puis quand le conduit est échauffé, on tourne plus vite.

On recouvre le fourneau de terre comme pour la carbonisation ordinaire et on nivelle la faulde de la même manière, à l'exception de la tranchée où passe le tuyau en fonte, dont l'embouchure est évasée afin d'introduire et d'entretenir le feu plus facilement.

On se sert, pour donner un feu régulier, de bois blancs, dont on consomme environ 1/9e de la masse à carboniser. — L'opération dure 36 heures.

Pour torréfier la corde de bois (2 stères), on donne 1 fr. 10 cent. Le sciage vaut 0,75 cent. L'empilement se paye 0,50 cent. Le transport à l'usine varie entre 2 fr., 2 fr. 25 cent., 2 fr. 50 cent. et 2 fr. 75 cent. au maximum.

123. — Quels que soient d'ailleurs les résultats de la torréfaction, il nous semble qu'il sera toujours plus convenable de diriger les essais de manière à obtenir de préférence des améliorations dans les procédés de carbonisation. Il est bien certain que le charbon sera toujours préférable au bois torréfié pour le travail des hauts fourneaux. — Des circonstances particulières, telles que l'emploi de l'air chaud, la nature des minerais, la proximité des forêts, etc., etc., pourront seules déterminer comme à Chéhéry, l'emploi d'une forte proportion de bois torréfié.

Si l'on examinait avec soin les principes de la réduction des minerais, force serait bien d'accorder au charbon de bois une préférence irrécusable. — Pour que le minerai soit réduit, il faut, sous une température donnée, que l'on introduise dans le fourneau une dose de carbone suffisante pour absorber l'oxigène du minerai; mais la combinaison du carbone et de l'oxigène, qui produit l'acide carbonique ne peut se faire que dans le creuset. Il est donc nécessaire que le métal soit accompagné à son passage à la tuyère, par le charbon le plus pur possible ou contenant sous un volume d'autant plus petit une quantité de carbone d'autant plus grande. Sans cela, le minerai presque fondu, est dépouillé par le contact du vent qui tend à lui communiquer une nouvelle portion d'oxigène, avec laquelle il arrive dans le creuset.

L'emploi du bois torréfié paraît totalement s'opposer à ces principes, puisqu'il s'agit alors d'introduire dans le fourneau une petite quantité de carbone sous un grand volume. Dans plusieurs usines, l'expérience a confirmé ces faits

importants, en amenant que dans les hauts fourneaux marchant au bois torréfié, les changements d'allure étaient plus fréquents et les coulées de fonte blanche plus répétées.

124. — Nous avons dit que MM. Dupont et Dreyfus (1) avaient aussi modifié d'une manière importante la carbonisation en forêts. Voici leurs principales dispositions.

La carbonisation a lieu par tas rectangulaires. — La longueur du bois est de 0,72 à 0,84 ; son diamètre peut aller à 0.5 et au-dessus. On l'empile entre les deux piquets à 2m 25 de longueur et 1m 20 de hauteur. Il se dresse de quatre longueurs sur la hauteur et d'une pente régulière afin que la terre puisse tenir en formant la couverture.

En dressant les fourneaux, il faut avoir soin de mettre le gros bois dans l'intérieur. Le bois blanc doit être placé sur les rives autant que possible. — Les houpieds se mettent également dans l'intérieur.

On allume les fourneaux par une lucarne placée en haut, avec du charbon et quelques ételes qu'on y introduit. On ferme ensuite hermétiquement cette lucarne par un double gazon. — Pour se munir de charbon, on fait un petit fourneau de deux cordes, qui sert à allumer les autres. On nomme ce fourneau *Gaillot*.

Les trous où passe la fumée doivent avoir 0,12 de diamètre ; ils sont pratiqués à 1m à partir du sol, et ils ont entr'eux 0,50 d'écartement. Par ce moyen lorsque le vent varie, on peut fermer un trou entre deux. (On a soin au reste, pour que le vent ne domine pas, de mettre des paillassons qu'on peut changer à volonté par le moyen des fourchettes qui les soutiennent).

Pour la couverture, on se sert de terre avec des gazons suivant le sol du terrain, mais on choisit autant que possible une terre douce, afin qu'il n'y ait pas d'air au fourneau. L'épaisseur régulière de la couverture est de 0,03. La même terre sert pour tout le tems de la cuisson.

Quand on éteint le feu, on abaisse la terre qui couvre le fourneau, avec les précautions nécessaires pour que l'air ne pénètre pas à l'intérieur. — On laisse ensuite le charbon se reposer pendant 20 heures sous cette couverture.

Les fourneaux se composent en moyenne de 75 stères. — Le tems pour la cuisson est de cinq jours. — Les 5 stères de bois fournissent environ 22 hectolitres de charbon, soit 44 pour 0/0.

125. — Nous n'en finirions pas, si nous voulions indiquer tous les procédés de carbonisation qui ont été mis en œuvre dans ces dernières années.

(1) MM. Dupont et Dreyfus sont possesseurs de plusieurs brevets d'invention, d'addition et de perfectionnement pour la carbonisation et la torréfaction en forêts.

Un ancien employé de forges, M. *Échement*, a pris un brevet pour la carbonisation et la torréfaction du bois dans des vases en tôle, qu'on transporte dans les forêts. Nous ne croyons pas que cette nouvelle application des vases clos puisse attirer longtems l'attention des maîtres de forges, mais nous avons plus de confiance dans le procédé de carbonisation pour lequel est breveté le docteur *Turk*. — La base de ce procédé repose sur les données simples et naturelles de la carbonisation en meules et en tas, ainsi qu'il est facile d'en juger par les quelques explications qui suivent :

L'appareil consiste principalement en une fosse prismatique dont les dimensions peuvent varier suivant les masses de bois à carboniser. Toutefois, il convient que les proportions du prisme ne s'éloignent pas trop de celles d'un cube, afin que la chaleur se distribue plus également et d'une manière plus profitable dans tout l'appareil.

A l'une des extrémités du prisme, des tuyaux coupent obliquement le terrain et viennent aboutir depuis la surface du sol au fond de la fosse, ce sont les évents. A la même extrémité, il y a des tubes perpendiculairement appliqués sur les parois de la fosse et aboutissant aussi près du fond, ce sont les cheminées. Lorsque le bois est rangé dans la fosse et couvert comme on couvre les meules, mais plus fortement, on allume à l'extrémité opposée aux cheminées et aux évents.

D'après cette disposition, on comprend que dans le cours de l'opération, le charbon une fois fait, se trouve séparé de l'air affluent dans la fosse, par un rideau de flamme qui le protége et qui ne permet à l'air de l'atteindre qu'après avoir été dépouillé de son oxigène libre par la combustion des gaz.

En comparant le rendement de cet appareil avec celui des autres, on trouve qu'il donne 24 à 26 pour 0/0 en poids avec des bois qui ne produisent que 18 à 20 dans les meules, et 20 à 24 dans les tas de MM. Dupont et Dreyfus. Son produit en volume est de 40 à 43 pour 0/0, les meules ne donnant avec les mêmes essences que 30 à 35 pour 0/0.

La carbonisation en fosses du docteur Turck, est d'une grande simplicité; elle elle exige peu de dépenses et n'occasionne aucun embarras. — Quand le terrain est humide ou pierreux, on ne creuse pas de fosses et on établit le fourneau à la surface du sol en bâtissant des remparts de gazon; les autres dispositions demeurent les mêmes.

126. — *De la houille et du coke.* — La houille ou charbon minéral est aujourd'hui le combustible le plus utile à l'industrie, et aussi celui qui est le plus universellement employé.

On rencontre en France beaucoup moins de bassins houillers qu'en Angleterre, en Prusse, en Belgique, etc., etc.; les principaux que nous ayons, sont ceux de Rive de Gier, près Saint-Étienne; de l'Aveyron, du Dauphiné, etc. Une

partie des usines françaises sont forcées de faire leur approvisionnement à l'Étranger, mais il est probable qu'un jour viendra où nos exploitations de houille recevront une plus grande extension, et où notre besoin d'emprunter ce combustible aux contrées voisines deviendra, sinon nul, du moins plus rare.

Les minéralogistes divisent la houille en houille brune, houille noire et houille éclatante ou anthracite. — Ces trois divisions se partagent encore en un grand nombre d'espèces qu'on désigne suivant leur forme, leur couleur ou leur texture.

La houille noire est celle qu'on emploie le plus dans l'industrie; on la classe en trois variétés distinctes, la houille sèche, la houille maigre et la houille grasse. — On ne carbonise ordinairement que la houille maigre et la houille grasse. — La houille sèche ne peut être carbonisée seule; elle donnerait un charbon sans consistance et prêt à tomber en poussière. Pour lui faire subir la carbonisation, on est obligé de la mêler avec une des deux autres espèces en proportion convenable pour que le mélange puisse s'agglutiner. — Le produit de la carbonisation de la houille prend le nom de *coke* par opposition au charbon de bois.

Les houilles grasses sont celles qui sont susceptibles de fournir le plus de charbon; il en est qui donnent jusqu'à 80 pour 100 de coke boursoufflé, tandis que les houilles maigres ou les houilles sèches mélangées ne produisent le plus souvent que 50 à 60 pour cent.

127. — La carbonisation de la houille a lieu en tas et en meules comme celle du bois, ou bien dans des fours construits exprès. — Nous dirons peu de mots des deux premiers procédés (1); quant au troisième, nous en parlerons, ainsi que de la qualité des cokes, etc., etc., lorsque nous traiterons de la refonte du fer cru dans les fourneaux de deuxième fusion.

Pour carboniser la houille en grand, on la disposait anciennement par meules coniques; mais on a préféré depuis, afin de pouvoir en carboniser une plus grande quantité à la fois, le dressage en tas allongés à bases rectangulaires. — Cependant, encore aujourd'hui, on carbonise par meules, les houilles en gros fragments. On dresse les morceaux par rangées et en les ap-

---

(1) Ces procédés, qui ne sont habituellement pratiqués que près des houillères ou sur les lieux mêmes où l'on extrait la houille, ont été largement décrits dans les ouvrages de MM. Karsten et Walter. Comme d'ailleurs, le coke n'est fabriqué ainsi, que pour les usines (les hauts fourneaux principalement) qui en consomment une grande quantité, nous éviterons des descriptions qui sont peu du ressort de notre ouvrage, puisque nous avons annoncé l'intention (37, 38, 39 et 40) de nous occuper plus essentiellement de la fusion du fer au charbon de bois. — Nous donnerons cependant de plus longs détails sur la carbonisation en fours clos, du coke destiné aux fonderies de deuxième fusion.

puyant les uns contre les autres de la même manière que pour le dressage du bois. On peut garnir tous les espaces restés vides en les remplissant de houille menue. Le premier rang de fragments est appuyé contre une perche ou poteau placé au centre; on a soin de laisser à ce même point quelques fagots qui servent à allumer.

Selon le volume de la meule et la nature de la houille, la cuisson peut durer 24 à 36 heures. On a soin de donner de l'air par des trous espacés comme dans la carbonisation du bois; on ferme ces trous au fur et à mesure que la combustion s'avance. On peut s'assurer des progrès de la carbonisation en voyant la flamme qui sort par la cheminée du milieu; cette flamme qui est dans le principe accompagnée de fumée fort épaisse, diminue successivement, devient plus claire et finit par prendre une couleur bleuâtre. On juge alors que l'opération est terminée. C'est le moment d'ouvrir circulairement plusieurs trous dans la meule et d'arroser l'intérieur, de manière à éteindre le coke qu'on laisse reposer pendant 15 à 20 heures avant de le tirer.

128. — La carbonisation en tas pour la houille en gros morceaux est conduite d'une manière à peu près semblable à celle qui est adoptée pour les meules. On a soin de préparer les fauldes à l'abri de toute humidité, et si le terrain n'est pas convenable, on établit un fond en terre grasse battue en pisé, ou bien encore en briques maçonnées sur champ et légèrement inclinées pour laisser de l'écoulement à l'eau.

Les fragments de houille sont dressés par rangées posées les unes sur les autres et maintenues au moyen de deux lignes de pieux. On dispose une cheminée à l'extrémité opposée à celle où l'on allume et on a soin de ménager un canal qui règne dans toute la longueur du tas.

La carbonisation en tas qui offre l'avantage de pouvoir carboniser de plus grandes masses de houille que celle en meules, donne un plus grand déchet que cette dernière et fournit des produits plus compactes, de meilleure qualité, et développant plus de calorique. M. Walter dit que les houilles grasses carbonisées en meules produisent en poids 45 à 50 pour 100 de coke, et seulement 40 à 45 lorsqu'elles sont carbonisées en tas.

129. — La houille menue se carbonise de préférence en tas allongés, en fourneaux découverts ou en fours clos. Quel que soit le procédé mis en usage, il ne faut pas négliger de la mouiller assez au moins, pour que les vides qu'on est obligé de ménager dans le but de favoriser la combustion, ne se bouchent pas par l'affaissement.

La houille menue est tassée fortement en fourneaux dont la base est rectangulaire et dont la section verticale est celle d'un trapèze. — On dispose dans la longueur du tas, un rouleau horizontal dont le diamètre peut avoir 0,08 à 0,10; d'autres rouleaux viennent s'appuyer de chaque côté de celui-ci et s'in-

clinent un peu vers le sol; leur diamètre peut être un peu plus faible que celui du cylindre du milieu. — Lorsque le tas est entièrement achevé et lorsqu'il est recouvert d'une garniture de terre et de fraisil, on retire tous les rouleaux qui laissent alors des espaces vides qui servent d'évents. — La mise en feu du fourneau ainsi disposé, la conduite de l'opération, etc., etc., se pratiquent de la même manière que pour la carbonisation de la houille en gros fragments.

La houille menue carbonisée soit en meules, soit en tas, peut rendre 45 à 50 pour 100 de coke. — La moyenne de carbonisation d'une année aux usines de *Terre-Noire*, près Saint-Étienne, a donné 43 pour 100, tous déchets déduits.

La fabrication du coke dans les fours découverts a lieu entre quatre murs, ce qui facilite l'entassement de la houille; on a soin, comme pour les meules et les tas, de disposer des canaux servant à l'échappement des gaz et à l'entretien de la combustion.

130. — Nous recueillons dans l'ouvrage de M. Walter les notes suivantes qui peuvent donner une idée du prix de revient de la fabrication du coke dans nos principales usines françaises.

A l'usine du *Janon*, près Saint-Étienne, où la carbonisation se faisait à la journée, les dépenses par 1000 kilog. de coke fabriqué étaient :

Pour la construction des tas.	1 fr. 65 cent.
Pour la carbonisation.	1 00
Pour défaire les tas.	0 85
Pour l'enlèvement du coke.	0 40
Pour l'entretien des outils et ustensiles.	0 20
Total par 1000 kilogrammes.	4 fr. 10 cent.

La quantité du coke fabriqué était de 14 à 15000 kilogrammes par jour.

A l'usine de *Terre-Noire* près Saint-Étienne où les ouvriers sont payés à façon, les frais de carbonisation étaient;

Pour main d'œuvre de toute nature et enlèvement du coke. .	2 fr. 60 cent.
Entretien des outils et ustensiles.	0 15
Total par 1000 kilogrammes.	2 fr. 75 cent.

Au *Creusot*, les ouvriers étant payés à façon, et la carbonisation de la houille ayant lieu dans des fours découverts, la dépense pour produire 1000 kilogrammes de coke s'élevait à 15 fr. 25 cent, comme l'indique le détail qui suit :

Main d'œuvre de carbonisation.	10 fr. 67 cent.
Enlèvement du coke.	1 40
Bois et charbon pour la mise en feu.	2 38
Outils.	0 74
Total pour 1000 kilogrammes	15 fr. 25 cent.

Dans ce prix déjà fort élevé les frais d'entretien ne sont pas compris. — La fabrication du coke en fours découverts a le double inconvénient d'exiger du bois pour mettre en feu, et de rendre le chargement de la houille et le défournement du coke fort pénible pour les ouvriers auxquels on est obligé d'accorder un salaire plus élevé.

Dans les ateliers de *Rive de Gier*, la carbonisation a lieu dans de grands fours elliptiques; et, bien que la main d'œuvre soit chère et que les ouvriers soient payés à la journée au lieu de l'être à façon, les produits en coke ne coûtent pas plus de 2 fr. 55 cent. les mille kilogrammes, savoir :

Main d'œuvre de carbonisation	1 fr. 90 cent.
Entretien des fours et outils, frais généraux, etc., etc. . .	0 50
Frais de direction et de surveillance.	0 15
Total pour 1000 kilogrammes.	2 fr. 55 cent.

Depuis quelques années, on a adopté au Creusot l'emploi des fours couverts, comme à Rive de Gier. Il en est résulté une amélioration sensible, et la main d'œuvre de carbonisation ne coûte plus aujourd'hui que 1 fr. 30 cent. à 1 fr. 40 par mille kilogrammes, au lieu de 10 fr. 67 cent. qu'elle coûtait en fourneaux découverts.

131. — La rentrée du coke en halle exige les mêmes soins que la rentrée des charbons, si l'on veut éviter les déchets. Les magasins à coke n'exigent pas proportionnellement une construction aussi compliquée et aussi coûteuse que les halles à charbons. On peut se servir de hangards séparés par des cloisons, afin d'empêcher le feu d'arriver de l'un à l'autre, en cas d'incendie.

Comme le charbon de bois, le coke est d'un meilleur usage au haut fourneau après quelque tems de séjour en halle; cependant si ce séjour est trop prolongé, il perd de sa qualité, devient plus friable et les déchets sont plus forts. Autant que possible, il est convenable d'employer le coke presqu'au fur et à mesure qu'il est carbonisé, c'est-à-dire après un mois ou deux au plus de repos en halle.

Les déchets que subissent les cokes après la carbonisation sont d'autant plus forts que ceux-ci sont moins compactes et par conséquent plus friables; ils dépendent aussi du plus ou moins de main d'œuvre pour la rentrée en halle, et du cassage qui leur est nécessaire, lorsque les fragments sont trop gros pour être employés tels aux hauts fourneaux. Ces déchets varient entre 12 et 15 pour 100. Ceux du charbon de bois peuvent aller de 12 à 20 pour 100 suivant l'essence des bois, le plus ou moins de réussite de la carbonisation, les transports, l'emmagasinage, etc., etc.

132.— *De l'anthracite.* Depuis peu de tems, l'attention se porte sur la fabrication de la fonte par le moyen de l'anthracite qui n'avait point encore été

utilisé dans les travaux métallurgiques. C'est surtout en Angleterre, qu'on s'occupe sérieusement de l'application de ce combustible. On pense que la production de la fonte quand on emploie l'anthracite seul, n'est possible qu'avec l'aide de l'air chaud, et l'on dit même que la fonte obtenue de cette manière est meilleure que celles qui proviennent des hauts fourneaux à coke et à charbon de bois. Cette différence ne peut être due qu'à la grande pureté de cette espèce de charbon. — Toutefois, on prétend que si l'anthracite est mêlé au coke dans des proportions qui permettent d'employer l'air froid, le fer qui en provient conserve la supériorité, toutes les autres circonstances demeurant les mêmes.

En France, à *Vizille* (Isère), on a fait des essais pour fabriquer la fonte avec un mélange d'anthracite et de coke. La proportion reconnue convenable pour un bon roulement fut celle de 7 parties d'anthracite et de 3 de coke, mais on ne put parvenir avec les appareils mis en œuvre à obtenir de la fonte à l'anthracite brûlé sans mélange.

133.—*De la tourbe.* — La tourbe n'a pas encore été employée d'une manière suivie pour le traitement du fer dans les hauts fourneaux. De nombreuses expériences à ce sujet ont été faites dans différentes usines de la Saxe, de la Styrie, de la Haute-Silésie etc., etc., et leur résultat a été d'amener que la tourbe ne pouvait être brûlée seule et sans être carbonisée, pour la fabrication du fer.

Dans quelques usines des Vosges et de la Meuse, on a fait des essais de tourbe carbonisée en la mêlant dans la proportion de 1/8 environ avec 7/8 de charbon de bois; on obtenait avec ce mélange une allure assez satisfaisante, mais après quelques jours de marche les laitiers devenaient plus visqueux, et l'on était forcé de supprimer momentanément l'emploi de la tourbe.

Nous nous sommes servis à différentes fois de la tourbe sèche, pour remplir le haut fourneau de Tusey, au moment des mises en feu. On mettait une rasse de tourbe pour trois de charbon; et nous n'avons pas eu lieu de nous apercevoir que ce mélange, qui du reste apportait peu d'économie à la consommation des charbons, fût de nature à exercer une mauvaise influence sur l'allure des premiers jours du train.

134.— Ce qui paraît le plus s'opposer à l'emploi de la tourbe en nature, c'est la quantité de cendres quelle contient et la forte proportion de terres qui y sont mêlées. On peut éviter une partie de ces inconvénients en la carbonisant et en la choisissant de bonne qualité. On rencontre dans un grand nombre de nos provinces des tourbes qui sont de nature à donner d'excellents charbons. Des essais de carbonisation ont été couronnés d'un plein succès dans les Vosges et aux marais de *Saint-Gond*, dans le département de la Marne. Nous avons carbonisé en petites meules de 1ᵐ50 environ de diamètre, une tourbe terreuse des marais de *Foug*, département de la Meuse, et nous avons obtenu 40 pour 100 en poids, mais seulement 16 pour 100 en volume. Ces résultats sur lesquels nous devions compter

ne nous ont pas paru assez avantageux, pour que nous dûssions continuer nos expériences.

135. — Le charbon provenant d'une tourbe dans laquelle les parties végétales dominent et qui contient peu de terre, ne manque pas d'une certaine richesse calorique, comme l'attestent les résultats d'expériences faites par d'habiles chimistes. — D'après *Mushet*, 1000 parties de tourbe analysées ont donné 0,726 de parties vaporisables, 0,252 de carbone et 0,022 de cendres. — Suivant *Thompson*, une autre espèce de tourbe soumise à l'analyse a donné 0,743 de parties volatiles, 0,240 de charbon, et 0,017 de cendres. — Après des expériences faites par *Marcher* sur deux tourbes différentes, la première se composait de 0,480 de substances vaporisables, 0,370 de charbon et 0,150 de cendres, la seconde de 0,220 de parties vaporisables, 0,650 de carbone et 0,138 de cendres. — *Bucholz* a trouvé une tourbe qui donnait 0,530 de parties volatiles, 0,170 de charbon et 0,300 de cendres. — Ainsi qu'on peut le voir par la comparaison de ces essais, la quantité de charbon contenu dans la tourbe est très-variable, parce qu'elle dépend essentiellement de la composition de ce combustible, mais elle peut être dans certains cas, aussi grande que celle contenue dans le bois.

Une des causes qui s'opposent à l'emploi du charbon de tourbe dans les hauts fourneaux, c'est sa grande combustibilité. En effet, par cette raison que le charbon le plus dense est le plus convenable pour la fusion des minerais parce qu'il dégage une plus grande quantité de calorique dans un espace donné, le charbon de tourbe qui est le moins lourd de tous les charbons doit être le moins propre à la production de la fonte. Quant à présent, nous ne croyons pas que ce charbon soit amené à donner d'heureux résultats, au moins avec les appareils dont on se sert actuellement.

DES MACHINES SOUFFLANTES EN USAGE DANS LES HAUTS FOURNEAUX.

136.— *Moteurs.* — Les forces motrices appliquées aux souffleries sont, comme pour toutes les autres machines, des roues hydrauliques, des turbines, des manéges, des machines à vapeur, etc.

Les roues hydrauliques sont jusqu'alors les moteurs qu'on a le plus recherchés, comme étant les moins coûteux. On a fini par leur adjoindre les turbines dont les avantages sont vivement sentis par les maîtres de forges dont les usines placées sur de grands cours d'eau sont exposées à être noyées à la crue des eaux; l'emploi des turbines dont la construction et la disposition sont souvent bien plus simples que celles de certaines roues hydrauliques, lutte victorieusement avec celui de ces dernières et les remplace avantageusement dans un grand nombre des circonstances.

Les manèges utilisés comme moteurs dans les hauts fourneaux, sont d'un service et d'un entretien fort coûteux; ils ne sont employés que comme suppléments dans les usines où le manque d'eau pendant la sécheresse, occasionne un chômage complet.

Les machines à vapeur ont longtems été comme les manèges, des moteurs trop dispendieux pour les souffleries. Ce n'est que depuis qu'on a trouvé le moyen de les chauffer par la flamme du gueulard, sans dépense aucune de combustible, qu'elles sont devenues d'une application plus générale.

137.— *Emploi des gaz dans les hauts fourneaux.* — Les premières machines à vapeur chauffées par les flammes perdues des hauts fourneaux ont été établies en France en 1833 ou 1834. On les a placées d'abord sur les *burnes* ou plate-formes des fourneaux afin qu'elles pussent recevoir de la manière la plus directe, la flamme sortant du gueulard; mais cette disposition nécessitait des dépenses excessives, et n'était pas applicable à tous les emplacements; il fallait en effet établir des échafaudages en charpente d'une construction assez vaste et assez solide pour qu'ils fussent à même de contenir et de supporter les chaudières et leurs fourneaux. Ce nouveau système de chauffage est dû en grande partie à MM. Thomas et Laurens, ingénieurs civils, qui ont eu l'occasion de l'appliquer dans diverses usines, non-seulement aux chaudières des machines à vapeur, mais encore aux appareils à chauffer l'air (1).

Les inconvénients qu'on trouvait à établir la prise des gaz au gueulard et sur la plate-forme même des hauts fourneaux sont aujourd'hui disparus devant l'ingénieux appareil dont l'industrie du fer est redevable à M. Robin, ingénieur civil et ancien directeur des hauts fourneaux et fonderies de Niéderbronn. Cet appareil est destiné sans nul doute à remplacer utilement toutes les chaudières placées au gueulard et tous les manèges, non-seulement dans les cas particuliers que nous venons de citer, mais aussi dans ceux où ils seraient appliqués comme moteurs continus.

Avec le système pour lequel M. Robin est breveté, les maîtres de forges pourront renoncer aux frais très-onéreux de l'achat et de l'établissement d'un cours

---

(1) Depuis plus de quinze ans, on emploie en France, en Allemagne et en Angleterre, les flammes perdues des fours à reverbère, des foyers d'affinerie, etc., à chauffer les chaudières des machines à vapeur, les vases clos pour la carbonisation et la torréfaction du bois, les appareils à air chaud, les fours à cuire la chaux, le pain, etc., etc. Il était donc facile à prévoir qu'on utiliserait les gaz sortant du gueulard des hauts fourneaux, d'une manière à opérer une grande révolution dans la fabrication du fer. MM. Thomas et Laurens sont parvenus à produire des fers au gaz, de première qualité, aux forges de Tréveray (Meuse). On est arrivé au même résultat et par des procédés du même genre au fourneau de Clerval (Doubs), à Wasseralfingen en Wurtemberg, à Maria Zell en Styrie et à Neu-Joachim-Sthal en Bohême.

d'eau, en même tems qu'il leur sera facile de choisir un emplacement plus convenablement placé à la proximité des minerais et du combustible.

Le procédé Robin est sanctionné depuis quelques années par l'expérience, dans plusieurs usines à fer de premier ordre où il fonctionne avec succès : nous citerons principalement les hauts fourneaux de Terre-Noire près Saint-Étienne (Rhône), de Niederbronn (Bas-Rhin), de Tusey (Meuse), d'Osne le Val (Haute-Marne), etc., etc.

138. — Avant de parler de cet appareil auquel nous avons l'intention de consacrer une description un peu complète, nous dirons quelques mots sur les gaz qu'on recueille au gueulard des hauts fourneaux et dont l'utilité est aujourd'hui si vivement sentie.

L'air qui a servi à la combustion dans les fourneaux, traverse la colonne des matières après avoir perdu son oxigène libre et entraîne avec lui une certaine quantité de vapeurs et de gaz formés pendant l'opération. C'est cette masse combinée qui s'échappe des gueulards et qui brûle avec projection de flamme, qu'on a dû tenter de recueillir dans les conditions les plus convenables pour obtenir le maximum de température qu'elle peut comporter.

L'opinion varie sur l'endroit du haut fourneau où doivent être recueillis les gaz. — Les uns les prennent au gueulard directement, les autres au-dessous de la hauteur de la charge, d'autres encore aux 2/3 environ de la hauteur totale du fourneau. Il est évident que plus on les prendra près du gueulard, plus ils seront mêlés avec la vapeur d'eau provenant de la dessiccation du minerai et du charbon ; mais il est certain aussi qu'en les recueillant trop bas, on ne devra pas profiter de toute leur puissance calorifique.

En général, il est nécessaire, pour atteindre le plus haut degré de chaleur produit par la combustion des gaz dans les hauts fourneaux, de se maintenir dans les principes suivants reconnus à la suite de nombreuses expériences faites aux usines de Clerval et d'Audincourt (Doubs) par M. Ebelmen, ingénieur des mines : 1° brûler un gaz contenant peu ou point de vapeur d'eau. — 2° Opérer la combustion du gaz dans un espace très-rétréci, de telle sorte que le maximum de température se produise toujours dans la même partie du four et à une petite distance de l'orifice d'arrivée. — 3° Rendre l'entrée des gaz dans le four indépendante des charges, et pouvoir régler à volonté la proportion d'air nécessaire à la combustion.

139. — Les flammes perdues provenant d'une combustion incomplète dans les hauts fourneaux, se composent principalement d'azote, d'oxide de carbone et de vapeur d'eau ; celle-ci disparaît comme nous l'avons dit, lorsque les gaz sont recueillis dans les régions les plus basses du fourneau. — Pour donner une idée de la composition de ces gaz, nous renvoyons nos lecteurs au tableau suivant

dressé par M. Ebelmen et publié dans le tome XX des Annales des mines. — Les expériences ont été faites au fourneau de Clerval :

POINTS DU HAUT FOURNEAU où les gaz sont recueillis.	VOLUME DU GAZ par minute.		AIR NÉCESSAIRE A LA COMBUSTION d'un litre de gaz sec.	PRODUITS de la combustion sur un litre de gaz sec.						QUANTITÉ NÉCESSAIRE POUR ÉCHAUFFER LE mélange brûlé, de 1°.	QUANTITÉ DE CHALEUR produite en une minute.		TEMPÉRATURE DE COMBUSTION.
				ACIDE CARBONIQUE.		VAPEUR D'EAU.		AZOTE.					
	Sec.	Y COMPRIS la vapeur d'eau.		Litres.	Grammes.	Litres.	Grammes.	Litres.	Grammes.		PAR LITRE de gaz.	par la TOTALITÉ du gaz.	
	m. cub	m. cub	litres.							$\left(\frac{1}{1000}\right)$	Calories	calories	0. cent.
Gaz pris au gueulard.	9,640	10,796	0.705	0,364	0,717	0,177	0,143	1,136	1,435	0,675	0,918	8,849,5	1360
à 2m 67 de profondeur.	9,640	9,890	0,675	0,364	0,718	0,081	0,065	1,116	1,409	0,601	0,879	8,483,2	1462
à 4m de profondeur.	9,465	9,545	0,769	0,370	0,732	0,048	0,039	1,200	1,518	0,612	1,002	8,484,0	1637
à 5m 33 de profondeur.	9,240	9.280	0,894	0,359	0,709	0,040	0,032	1,313	1,658	0,636	1,165	10,765,0	1826
à 5m 67 (ventre).	8,865	8,865	0,887	0,350	0,693	0,019	0,015	1,337	1,684	0,631	1,156	10,257,0	1832

Il est facile de s'assurer par ces résultats, que la vapeur d'eau diminue sensiblement dans les dernières expériences, lorsque le gaz est recueilli le plus près du ventre du fourneau. Plus bas encore, en prenant du gaz à la tuyère, M. Ebelmen n'a plus rencontré que de l'acide carbonique et de l'azote. On peut voir aussi, par ce tableau, que la combustion du gaz d'un haut fourneau va en augmentant à mesure qu'on le prend à des distances de plus en plus grandes du gueulard, la quantité des gaz et celle de la vapeur d'eau qu'ils peuvent contenir dépendant d'ailleurs de la nature du minerai et du fondant, du combustible, des dimensions du haut fourneau et enfin de son allure. — On peut craindre cependant, en prenant le gaz trop au-dessous du gueulard, de causer un dérangement nuisible dans la marche du fourneau, ce gaz n'effectuant plus sur le minerai la calcination et la réduction qu'il opère dans les parties les plus hautes de la cuve. — En conséquence, il est important de choisir la prise des gaz dans une limite qui puisse autant que possible être maintenue à l'abri des inconvénients que nous avons signalés; on estime que ce point peut être choisi pour un haut fourneau ordinaire au charbon de bois entre 0,30 à 0,40 de sa hauteur totale, mais il est essentiel qu'il demeure fixé entre le ventre et le gueulard. On peut admettre que, pris dans ces régions, les gaz se composent généralement pour 100 parties, de 13 acide carbonique, 23 oxide de carbone, 5 hydrogène, 59 azote; ils ne re-

tiennent alors qu'une très-petite quantité de vapeur d'eau, et la température de leur combustion peut s'élever à 15000 cent.

140. — Quand la prise des gaz à lieu aux 0,30 ou 0,40 de la hauteur du fourneau, on perce en communication avec la cuve une, deux et jusque six ouvertures rectangulaires, suivant la capacité du haut fourneau. Lorsque les flammes perdues sont recueillies au gueulard par des moyens qui permettent de n'en pas laisser s'échapper, on peut également obtenir une grande dose de calorique. — Les premiers essais que M. Robin a faits en 1837 à Niéderbronn, l'ont conduit à trouver dans les flammes perdues, une force de 54 à 72 chevaux, suivant l'allure plus ou moins chaude du fourneau. Depuis, nous avons reconnu au haut fourneau de Tusey, que la moitié des gaz recueillis pouvait suffire au chauffage d'une machine de 16 chevaux et d'un appareil à vent chaud. Nous avons encore eu l'occasion de nous convaincre de la portée calorifique des gaz en obtenant la fusion du cuivre dans un creuset placé sous la voûte d'un petit four que traversait la flamme à son sortir de l'appareil à air chaud. M. Robin nous a dit lui-même qu'il était parvenu à liquéfier au moyen des gaz, un morceau de fonte de 200 kilog. placé dans un four à reverbère; de notre côté nous sommes bien convaincus qu'avec un fourneau de ce genre, bien construit, on arrivera à obtenir non-seulement la fusion de la fonte, mais encore à rendre celle-ci assez liquide pour qu'elle puisse être coulée dans des moules.

Il n'est pas douteux que l'emploi des gaz devienne bientôt un des éléments les plus nécessaires à la prospérité des usines; c'est une grande question résolue en faveur de l'industrie du fer, et si l'art des forges y acquiert d'importantes innovations, nous sommes certains aussi que les suites de cette découverte amèneront d'utiles réactions dans la fonderie. On a déjà tenté de réintroduire les gaz par la tuyère même des fourneaux, en les mélangeant avec le vent chaud; et, bien que les expériences n'aient pas été couronnées d'un plein succès, on doit s'attendre à rencontrer bientôt des résultats analogues à ceux qu'on a trouvés dans l'emploi de l'air chaud.

141. — L'appareil Robin, comme tous les autres systèmes qui tendent à utiliser par un tirage provoqué à cet effet les gaz recueillis aux gueulards, n'est pas exempt des inconvénients qui rendent souvent irrégulière la marche des hauts fourneaux. Nous sommes de l'avis de plusieurs métallurgistes qui pensent que le tirage provoquant une forte expansion de flammes au gueulard, élève la température dans les parties supérieures du fourneau, aux dépens de la portion de l'ouvrage où s'opère la fusion, circonstance qui amène aussi la descente inégale des charges. — Ces accidents ne sont essentiellement à redouter que dans les hauts fourneaux en moulages, et leur influence, qu'on peut corriger en apportant d'ailleurs les précautions nécessaires, n'est pas assez nuisible pour engager les maîtres de forges à renoncer à l'emploi d'un appareil aussi utile que simple.

La description que nous allons en donner, pourrait se diviser en deux parties, qui comprendraient la prise des gaz au gueulard, et l'appareil ou four destiné à les enflammer à leur arrivée sur le sol.

142. — La prise des gaz au gueulard a lieu de différentes manières : on peut se contenter de fermer tout simplement le gueulard par un tiroir à nervures (fig. 7 pl. 2) que le chargeur pousse sur un châssis en fonte (fig. 6); mais comme ce procédé laisserait échapper la majeure partie des gaz pendant les chargements du fourneau, ce qui donnerait des interruptions au chauffage de l'appareil, il convient d'employer un cylindre *C* en fonte, disposé comme l'indique la fig. 5. — Ce cylindre, pourvu à sa partie supérieure d'une bride percée de plusieurs trous *oo* pour le nettoiement, repose par cette même bride sur le pourtour du gueulard dont il recouvre une largeur d'environ 0,03. Le tuyau A communique au vide ménagé entre le cylindre et les parois de la cuve qui sont taillées en renflement vers le milieu; c'est par ce tuyau qu'a lieu l'échappement des gaz. — Le cylindre doit être au moins de la contenance d'une charge, et sa surface intérieure doit faire exactement la continuation de celle de la cuve, afin que les charges n'éprouvent pas d'interruption à leur sortie. — Le renflement qui existe à l'entour du cylindre doit s'élargir de 0,15 à 0,18 vers le tuyau d'échappement; il suffit qu'il ait au côté opposé 0,12. — La largeur du vide à la partie inférieure du cylindre est au contraire plus faible du côté de l'échappement que du côté opposé; elle a 0,03, l'autre ayant 0,05 à 0,06. — Le tuyau A doit avoir au moins 0,30 à 0,35 de diamètre; on pourrait le remplacer par plusieurs tuyaux d'un plus petit diamètre, et mettre même à la place du cylindre, une enveloppe annulaire entourant le gueulard et prenant le gaz en quatre ou six endroits; mais ces divers procédés seraient plus coûteux que le premier et leur réunion avec la caisse à poussières serait plus difficile à obtenir (1).

143.—A sa sortie du gueulard, le gaz vient traverser une caisse en fonte M appelée caisse à poussières, placée sur le massif même du fourneau ou sur le plancher qui l'environne; c'est là qu'il dépose la plus grande partie des parcelles de minerai et de poussier de charbon qu'il a entraînées avec lui. — La caisse à poussières est composée de six plaques à équerres, réunies par des boulons et scellées au mastic de fonte; elle peut contenir de 0,50 mèt. cub. à 1 mètre cube, suivant les dimensions du fourneau et la quantité de gaz qu'on veut dépenser: sa forme est celle d'un parallélipipède rectangulaire dont la hauteur ne dépasse

(1) Le cylindre dessiné, fig. 5, est appliqué de la même manière que le dessin l'indique aux usines de Tusey et de Fourchambault. — Les cotes T sont celles des dimensions de Tusey; les cotes F sont celles de Fourchambault.

pas ordinairement 0,60 à 0,80 cent., ses deux faces larges sont garnies de portières par lesquelles on retire l'amas de poussière, une fois par vingt quatre heures, pendant l'arrêt du fourneau.

Dans le principe, on se servait seulement de la caisse que nous venons de décrire, mais on s'aperçut bientôt que les gaz conservaient une poussière fine, blanche et grasse qui s'attachait à la surface des chaudières ou des tuyaux, et qui en peu de tems acquérait une épaisseur assez forte pour faire un tort considérable au chauffage. On imagina alors de placer la caisse dans une bâche B remplie d'eau, dans laquelle les gaz vinrent se plonger et s'épurer, avant de s'écouler dans le conduit D destiné à les amener sur le sol.

144. — Après son passage dans la caisse à poussières, le gaz est conduit par des tuyaux *d d*, (fig. 2, Pl. 2) qui sont la suite du coude D (fig. 5), jusqu'à l'appareil où il doit s'enflammer (1).

L'appareil à enflammer les gaz, dont les fig. 2 et 3 indiquent la coupe longitudinale et le plan, se compose de huit tuyaux plats (fig. 4) qui sont posés sur une plaque *w w*, percée de huit trous correspondant avec les vides des tuyaux. — La conduite *d d* est terminée par une buse *g* en tôle dont l'orifice rectangulaire embrasse la largeur présentée par les huit tuyaux plats entre lesquels les gaz viennent se diviser, pour se mêler, à leur sortie de l'appareil, avec l'air atmosphérique attiré dans l'intérieur des tuyaux par le tirage provoqué au moyen de la fosse *b b*.

Lorsqu'on commence à chauffer, il suffit de maintenir à l'entrée du four dans les orifices *e e*, quelques morceaux de houille ou de charbon allumés, pour amener la combustion des gaz qui brûlent naturellement dès que l'appareil commence à s'échauffer.

145. — Il nous suffira, pour terminer notre description, d'indiquer:

1° Un tuyau *T* destiné à l'échappement des gaz, quand ils arrivent en trop grande quantité et quand on veut arrêter le chauffage; ce tuyau vient s'embrancher sur la conduite *d d* à l'endroit où il est le plus facile à l'ouvrier chargé de la direction des fours, de faire manœuvrer le registre d'échappement.

2° Les clapets *c c*, formés par des cadres en fonte sur lesquels viennent s'abattre des portes en tôle; ces clapets qui doivent se soulever facilement et avec

---

(1) Ces tuyaux sont faits en tôle rivée et leurs jonctions sont lutées avec soin au mastic de fonte. On les préfère aux tuyaux en fonte, à cause de la légèreté et de l'économie qu'ils offrent. Néanmoins les coudes nécessaires à la conduite des gaz présenteraient trop de difficultés à être exécutés en tôle; on les coule en fonte avec une tubulure de nettoiement, fermée par un tampon qu'assujettissent deux clavettes.



rapidité, sont destinés à l'évacuation des gaz qui, s'ils s'accumulaient dans les fours amèneraient des explosions nuisibles. La quantité et la grandeur des clapets sont déterminées par les dimensions des appareils.

3° Quatre tiroirs ou registres *p*, *q*, *r*, *s*, dont l'effet est de régulariser la marche de l'appareil. La tige de ces registres est graduée en centimètres, afin qu'on puisse connaître leur ouverture exacte lorsqu'on les fait manœuvrer. — Ces quatre tiroirs sont placés, le premier *p* près de la buse distributrice des gaz ; le second *q* à la communication de la cheminée avec les fours ; le troisième *r* entre le tuyau de sortie des gaz et la caisse à poussières ; le dernier *s* sur le tuyau d'échappement.

Le tiroir *r* est nécessaire pour empêcher les gaz de descendre sur le sol, lorsqu'on veut suspendre momentanément le chauffage des fours. Quant aux trois autres, nous en donnerons l'usage en expliquant la marche de l'appareil.

146. — La manière de conduire l'appareil à gaz est fort simple ; elle repose principalement sur la manœuvre simultanée des deux registres placés, l'un près de la buse à gaz, l'autre sur le rampant de la cheminée. Le premier détermine l'entrée dans le foyer, de la quantité de gaz nécessaire pour un bon chauffage. L'ouverture plus ou moins grande du second appelle dans l'appareil l'air utile à la combustion, et détermine la rapidité du passage de la flamme dans les carneaux qui, dans le principe, doivent être traversés avec assez peu de vitesse, (avec celle par exemple, qu'on remarque à la flamme d'un four à reverbère ou à réchauffer.) — Si la vitesse est trop grande, la flamme n'a pas le tems de se dépouiller entièrement et porte la chaleur dans la cheminée ; si au contraire, l'appel de l'air est trop faible, les gaz n'en reçoivent pas la quantité nécessaire pour brûler et le chauffage est mauvais.

Si avec une assez faible ouverture du registre de la cheminée, on laissait pénétrer dans les fours une grande quantité de gaz, on n'obtiendrait qu'une mauvaise combustion, la majeure partie de ces gaz s'échapperait par la cheminée sans brûler, et la flamme devenue d'un rouge sombre se tirerait en longueur et serait intermittente.

En regardant par les clapets ou par les ouvreaux *e e* dont nous avons parlé, il est facile de s'assurer de la marche de l'appareil. — Si la combustion a lieu d'une manière convenable, la flamme est claire, d'un violet jaune ; dans le cas contraire, elle devient jaune pâle.

147. — Il ne faut jamais laisser les gaz s'accumuler dans les fourneaux, et pour éviter cet inconvénient, on fait usage du registre *s* placé sur le tuyau d'échappement. Il est essentiel de prendre des précautions au moment d'allumer l'appareil, si l'on veut éviter une forte projection de flamme qui ne pourrait qu'être nuisible ; c'est en réglant avec soin le registre de la buse à gaz et celui du tuyau de trop plein, qu'on parvient à éviter ce dernier accident que nous

avons vu plusieurs fois se produire au fourneau de Tusey quand nous avons commencé à expérimenter le procédé de M. Robin.

D'après cet exposé, on concevra que la direction de l'appareil à gaz est entièrement déterminée par la manœuvre des trois registres *p*, *q*, *s* que nous avons indiqués. Il est donc essentiel, pour que l'ouvrier chargé de la surveillance du chauffage puisse s'en acquitter convenablement, que ces registres soient disposés à peu de distance les uns des autres, et qu'ils soient à l'abri de tous les obstacles qui rendraient leur abord difficile.

Nous terminerons nos explications en donnant les deux renseignements suivants, utiles pour obtenir un bon chauffage, savoir :

1° Qu'il est indispensable de nettoyer très-souvent les parties extérieures des objets chauffés pour en détacher les poussières que les gaz y déposent en grande quantité ; malgré même l'emploi de l'épurateur à eau ;

2° Qu'il est avantageux de pouvoir disposer de la plus grande surface de chauffe possible.

148. — Les fig. 1, 2 et 3 de la Pl. 2, donnent l'ensemble d'un système de tuyaux à chauffer l'air et d'une chaudière à vapeur qu'alimente l'appareil de M. Robin. Cette construction est celle qui a été adoptée pour l'usine de Tusey ; la disposition prise à Osne-le-Val diffère de celle-ci en ce qu'elle a deux chaudières placées dans des fours différents. On comprendra dans la fig. 3, que le passage *k* fermé par un registre sert à l'introduction de la flamme d'un four dans l'autre ; que les ouvertures *k'* et *k''* sont utiles pour le renvoi des gaz dans la cheminée ; que *k'* est inutile lorsqu'on fait marcher les deux fours simultanément, et que *k''* doit être fermée ainsi que *k'* lorsque l'appareil à air chaud fonctionne seul. On verra également fig. 3, qu'un foyer supplémentaire *t* est ménagé pour chauffer la chaudière à la houille en cas d'interruption dans la marche du haut fourneau. Si une seule distribution du gaz n'était pas suffisante, on pourrait en appliquer une à chaque four, et disposer celle du fourneau de la chaudière à l'extrémité *i*, *i*.

Les fig. 9 et 10 sont des appareils pour mélanger l'air chaud avec le gaz. Dans la fig. 9, l'air chauffé est introduit par le tuyau *v* dans une caisse demi circulaire *z*, d'où il est répandu dans les fours par les tuyères *u*, *u*, *u*, après toutefois s'être mêlé avec les gaz qui arrivent par la conduite *y* dans la caisse rectangulaire *x*, d'où ils s'échappent par l'orifice *g* qui est en communication avec les tuyères. — L'appareil de la fig. 10 est plus simple, il consiste en deux tuyaux concentriques, dont l'un, celui du noyau amène les gaz et l'autre conduit l'air chaud.

La fig. 8 est une disposition peu coûteuse de cheminée en briques. On évite la dépense des armatures en fer par l'emploi des bandes en fonte *l*, *l*, qui maintiennent la maçonnerie à de certaines distances. On peut utiliser cette

cheminée pour les fours à reverbère, les fours à creusets, etc., etc., aussi bien que pour les appareils à gaz.

149. — *Machines soufflantes.* — Nous renfermant dans les principes que nous nous sommes tracés, de nous occuper spécialement de la partie nouvelle de l'art du fondeur, nons nous arrêterons peu sur les anciennes machines soufflantes qui, pour la plupart d'ailleurs, sont défectueuses et ont été abandonnées.

Les machines soufflantes les plus usitées aujourd'hui pour les hauts fourneaux, sont les souffleries à pistons, en bois ou en fonte. — Le principe de ces machines consiste à comprimer l'air par une surface mobile qui se rapproche d'une surface fixe. La surface mobile qui glisse à frottement contre les parois d'une capacité prismatique ou cylindrique prend le nom de piston; c'est de sa parfaite adhérence aux caisses ou aux cylindres qui la contiennent que dépend la régularité du vide, point le plus essentiel pour la précision des machines soufflantes.

150. — Il existe encore aujourd'hui dans plusieurs usines, des soufflets de différentes formes, mais qui exigent tous, eu égard à la quantité de vent qu'ils fournissent, des emplacements considérables. Ces soufflets sont d'ailleurs d'un prix élevé et d'un entretien fort coûteux; ils demandent en outre (quoique fournissant moins d'air que les machines à pistons) une force motrice comparativement plus grande.

151. — Plusieurs établissements du Midi de la France ont conservé les machines soufflantes appelées *trompes.* Ces machines qui exigent toujours une très-grande chute d'eau et qui ne peuvent alimenter que des hauts fourneaux de petites dimensions, ne sont admises que dans les localités où elles présentent peu de frais d'établissement. — Le mécanisme des trompes est fort simple; il consiste dans l'effet d'un courant d'eau qu'on entraîne par des tuyaux dans une caisse hermétiquement fermée, mais à laquelle sont conservées deux ouvertures, l'une pour l'écoulement de l'eau après qu'elle a produit l'effet utile, l'autre pour la sortie de l'air que l'eau a chassé devant elle en s'engouffrant dans les tuyaux de communication avec la caisse. — Quoique la masse de l'air amené par l'eau, soit augmentée à son arrivée dans la caisse de l'air contenu aussi dans l'eau et qui est séparé lorsque celle-ci vient se briser sur le fond du récipient, il est facile de s'assurer que la quantité d'air fournie par les trompes est comme celle donnée par les soufflets, inférieure, toutes choses égales d'ailleurs, au produit des souffleries à pistons.

152. — Voici quelques détails sur la machine soufflante indiquée pl. 3e par les fig. 1, 2 et 3. Cette machine est établie au fourneau de Demange-aux-Eaux (Meuse) où elle est mue par une roue hydraulique de côté. Elle se compose de quatre pistons à bases carrées, *a*, *a*, *a*, *a*, qui fonctionnent alternativement

dans des caisses R pourvues de soupapes *c* à leur partie supérieure et reposant sur des colonnes en fonte. Chacun des pistons est muni aussi de deux soupapes *o*, *o* qui se soulèvent lorsqu'il descend, pour donner entrée dans la caisse, à l'air qu'il refoule ensuite lorsqu'il monte, par les orifices *c* dans les tuyaux *s* qui le conduisent dans un récipient en bois contenant environ 5 mètres cubes, d'où il est chassé au fourneau.

Le mouvement est ordonné par la grande roue dentée A qui commande les deux pignons B, B', sur les arbres desquels sont fixées les manivelles *m m* qui conduisent les bielles *n n* destinées à faire mouvoir les pistons dont les tiges sont maintenues verticalement par des guides placées au centre des traverses *k* et *k'*. — Les manivelles sont calées sur les arbres moteurs, de telle sorte que l'un des pistons arrivant au bas de sa course, le deuxième se trouve en haut, le troisième au milieu en montant et le quatrième au milieu en descendant. Cette disposition est nécessaire pour que l'effet de la machine n'éprouve pas d'interruption.—La course des pistons est de 1^{m}45 ; ils donnent chacun trois coups par minute.

La construction de cette soufflerie a été faite avec soin. Les caisses sont pourvues de doubles enveloppes en planches de sapin séparées par des peaux de mouton; leur surface intérieure parfaitement dressée, est un peu savonneuse afin de faciliter le glissement. Les pistons sont garnis en cuir doux maintenu par des bandes de fer plat ; ils sont joints à leur tige par un solide emmanchement à boulons. Les soupapes sont montées sur un cadre en fer, et le pourtour sur lequel elles reposent est bordé d'une bande de cuir à poil. Par suite de ces dispositions on a pu parvenir à éviter toutes les fuites de vent; et, lorsque quelquefois on voit diminuer le produit de la machine, on s'empresse d'examiner si les pistons fonctionnent convenablement et s'ils n'exigent pas des réparations, ce qui n'a lieu au reste, que fort rarement.

Nous devons dire cependant, que quelles que soient les précautions apportées à la confection des caisses en bois, il est incontestable que les machines en fonte à pistons doivent leur être préférées, parce qu'elles n'éprouvent pas un frottement aussi considérable, et parce qu'elles n'ont pas l'inconvénient de perdre de l'air par les jointures.

153. — Les machines soufflantes cylindriques en fonte se composent quelquefois de deux, trois et même quatre cylindres soufflants. Il y a plus d'avantages, en général, à construire ces machines à deux cylindres au moyen desquels on peut, sans une grande augmentation de force, obtenir un produit plus considérable que dans les machines à un cylindre et éviter la détérioration, en ce sens qu'on imprime beaucoup moins de vitesse aux pistons, pour leur faire rendre la quantité d'air voulue.

Mais, comme le mécanisme des machines à un seul cylindre peut être réduit à des dispositions fort simples, et comme d'ailleurs on peut arriver à produire

la quantité d'air nécessaire à un haut fourneau au charbon de bois, de dimensions ordinaires, avec un cylindre d'une capacité raisonnable et sans rechercher une trop grande vitesse, ces souffleries sont construites de préférence à celles à plusieurs cylindres, en ayant soin pourtant de les disposer à double effet, c'est-à-dire, de telle manière que le piston chasse une égale quantité d'air en montant comme en descendant.

154. — En 1839, il n'existait aux fonderies de Tusey qu'une seule machine soufflante, qui avait pour moteur une des plus belles roues hydrauliques construites en France (1). L'importance de l'usine, qui exigeait qu'on fît marcher tous les jours la fonderie aux Wilkinsons, nous forçait à imprimer à la soufflerie une très-grande vitesse, afin d'obtenir tout l'air nécessaire; il arrivait souvent malgré cela que cette vitesse très-préjudiciable au jeu de la machine, ne nous était pas suffisante. Cette circonstance et le manque d'eau pendant une partie de chaque été amenèrent le montage d'une machine à vapeur de seize chevaux, qui vint aider la force motrice de la roue hydraulique en marchant conjointement avec celle-ci et permettre l'établissement d'une nouvelle machine soufflante. Le vent produit par les deux souffleries fut réuni dans un réservoir commun contenant environ 35 mètres cubes.

C'est cette disposition, une des plus avantageuses que nous connaissions, qui est représentée par notre planche 4, donnant une élévation longitudinale suffisante pour faire comprendre tout le mécanisme.

Le mouvement de l'ancienne soufflerie est seul visible. — Le corps de la machine est composé d'un cylindre A à double effet, dans lequel se meut un piston garni en cuir, dont le jeu est obtenu au moyen d'une manivelle M, d'une bielle N et d'un balancier P. La tige du piston est maintenue dans sa position verticale par le parallélogramme *a*, *a*, *a*, *a*. — L'air est aspiré par les deux soupapes *o*, *o*, puis envoyé dans le réservoir B par les deux soupapes d'expiration *o' o'*. — Le balancier P est supporté par un bâtis *e*, *e*, *e* posé sur des colonnes *i*, *i*, *i*.

Dans le principe, le mouvement était donné par la roue hydraulique R et son pignon T sur l'arbre duquel était montée la manivelle et la grande roue dentée S

(1) Cette roue R (Pl. 4) qui prend l'eau en-dessus, a 8^{m}75 de diamètre. Les augets dont la largeur est de 1^{m}615 sont montés sur deux couronnes en fonte liées elles-mêmes aux moyeux aussi en fonte, par des tringles en fer de 0,054 de diamètre. Les deux couronnes qui sont composées chacune de douze courbes réunies par des boulons, sont maintenues par des entretoises en fonte dont l'assemblage est commun avec celui des bras de la roue. Le périmètre d'une des couronnes est divisé en 516 dents dont l'engrenage donne le mouvement à la soufflerie par un pignon de 97 dents.

servant à la mise en train du volant V au moyen du pignon J. — Depuis, on a ajouté en communication avec la roue S, le seul engrenage G sur l'arbre duquel est établie la manivelle M' de la machine à vapeur à cylindre oscillant sur tourillons (système *Cavé*), dont on voit une partie disposée dans la fosse K. — Sur le balancier P on a pris un point d'attache pour la tige du condenseur, lequel se trouve placé dans la fosse I.

Les deux engrenages E et F placés sur l'arbre de la roue d'eau, sont destinés à mettre en mouvement, au moyen d'une transmission souterraine indiquée en *c*, un moulin à broyer le poussier pour les mouleurs et un appareil à monter les matériaux au gueulard du haut fourneau. — Enfin, sur l'arbre du volant, on a pris une communication qui sert à faire marcher les tours, les foreries et toutes les autres machines des ateliers de construction.

L'engrenage sur l'arbre de la manivelle de la soufflerie à parallélogramme a 162 dents et fait 12 tours par '; il conduit un pignon de 27 dents monté sur l'arbre du volant qui fait 53 tours. Sur le même axe du volant est établi le pignon R de 12 dents qui conduit la roue intermédiaire R' de 34 dents, au moyen de laquelle les excentriques de la machine soufflante à guides sont mis en mouvement par l'engrenage R'' qui a 61 dents et qui fait 11 tours par '. Cette disposition est visible sur les fig. 4, 5 et 6 de la Pl. 3. — Le pas de tous les engrenages est de 0,070 mill.

155. — C'est cette dernière machine soufflante, dont nous avons dirigé la construction aux fonderies de Tusey, que nous représentons par les fig. 4, 5 et 6 de la Pl. 3. — Cette machine qui, comme la première, est à double effet, reçoit son mouvement par les engrenages R R' R'' dont le premier R est placé sur l'arbre du pignon de la roue hydraulique. Deux excentriques E et E' font mouvoir les deux bielles *b b'* au moyen desquelles le piston *p* est dirigé verticalement par la traverse *m* supportant deux galets qui glissent entre les deux guides *a* et *a'*. — Il est évident que la distance parcourue par les galets entre les guides doit égaler la course du piston. — A est une boîte de descente qui loge les soupapes d'expiration *s s'*; c'est à cette boîte qu'est ajusté le tuyau conduisant le vent au réservoir d'air. — Les deux soupapes d'aspiration sont placées en *u u'*. — Le piston en fonte est évidé et à nervures comme l'indique le dessin; deux couronnes en bois y maintiennent par des boulons une double garniture en cuir; sa tige est pourvue à son extrémité d'une mortaise où s'emmanche la traverse *m*. — Les joints des deux couvercles du cylindre sont faits solidement avec des lames de plomb et au minium. — Les parties des bâtis contre lesquelles frottent les galets sont garnies de lames de bois dur.

Dans l'exécution, les paliers en fonte supportant les arbres des engrenages de communication et des excentriques, sont liés solidement à une cage en bois, ainsi que le cylindre et les deux bâtis qui sont joints eux-mêmes à celui-ci

en *i* et qui sont consolidés entr'eux par des entretoises *n, n, n*. — Nous avons jugé plus convenable de dessiner la charpente de la machine, telle qu'elle pourrait être exécutée en fonte; il serait facile de l'établir de cette manière qui satisferait bien mieux aux conditions de solidité et de coup d'œil, sans pour cela augmenter la dépense dans une grande proportion.

La disposition de cet ouvrage ne nous permet pas de donner des détails étendus sur les assemblages et sur la forme précise des têtes de bielles, du presse-étoupe, etc., etc.; nous pensons cependant que les fig. 4, 5 et 6 étant rigoureusement dessinées à l'échelle, nos indications suffiront pour éclairer et guider le constructeur intelligent. — Il ne nous reste plus qu'à recommander cette machine à cause du peu de difficultés et de l'économie qu'offrent son ajustage et son assemblage. La simplicité de sa disposition et la réduction qu'elle présente sur les frais d'entretien, doivent la faire préférer par les propriétaires d'usines, aux machines à parallélogramme.

Ici, nous arrêterons nos descriptions sur les machines soufflantes, pensant avoir résumé, d'une manière assez précise, dans nos planches 3 et 4, les différents systèmes de souffleries à pistons, pour que nos lecteurs soient à même de faire la part de leurs avantages et de leurs inconvénients.

156. — La bonne confection des machines soufflantes est la base principale de la marche d'un haut fourneau, et bien des fondeurs qui recherchent les causes qui rendent cette marche irrégulière, devraient d'abord s'assurer si l'irrégularité n'est pas produite par le manque de vent. — La perte de l'air dans les tuyaux qui l'amènent au fourneau, la précision des ajustements qui diminue toujours par les frottements et par un travail non interrompu souvent pendant toute une campagne, sont choses fort à considérer, et comme après tout, l'établissement d'une machine soufflante est assez dispendieux pour qu'on n'aime pas à le recommencer tous les jours, il est bon de s'assurer d'une soufflerie dont le produit dépasse de 1/5 à 1/4 le résultat des calculs qu'on a pu faire à l'avance sur le vent consommé par le haut fourneau qu'on veut exploiter.

157. — La quantité de fonte produite étant proportionnelle à la quantité d'air lancé, et réciproquement, il est facile lorsqu'on connait les dimensions d'un haut fourneau, de déterminer celles de la machine soufflante. Sans nous arrêter aux calculs, nous donnons le résultat suivant provenant de l'expérience et pouvant servir de base dans la pratique : un haut fourneau de 12 mètres de hauteur, produisant 3200 kilog. de fonte par 24 heures avec des minerais moyennement fusibles, pour la réduction desquels on consomme environ 20 à 21 kilolitres de charbon de bois, doit recevoir 45 à 50 mètres cubes d'air par minute.

Et, pour qu'on puisse compter en tous tems sur le chiffre de consommation que nous venons de citer, nous croyons devoir conseiller l'emploi d'une machine soufflante pouvant produire sans fatigue 60 à 70 mètres cubes par minute (156).

158. — Lorsqu'on connaît les minerais que l'on doit traiter, et que d'après leur nature, il est aisé de déterminer la quantité de charbon nécessaire pour les mettre en fusion, on peut facilement arriver à trouver la quantité d'air utile à la combustion d'une certaine dose de charbon pendant un tems fixé, et par suite à reconnaître quelles dimensions on pourrait donner à la machine soufflante.

Il résulte des expériences d'Allen et Pepys que 100 kilog. de charbon exigent pour être brûlés 251 kilog. 63 d'oxigène, soit 175 mètres cubes 7, puisque le mètre cube d'oxigène pèse 1 kilog. 432. Or, le poids du mètre cube d'air atmosphérique pouvant être considéré comme étant de 1 kilog. 30, si l'on admet conformément aux données les plus récentes et les plus exactes, que ce dernier contienne 21 pour cent d'oxigène, les 175 mètres cubes 7 de ce gaz correspondront à 826 mètres cubes 66 d'air atmosphérique, qui pèseront 1087 kilog. 65.

En partant de ces principes, supposons qu'on veuille établir un haut fourneau produisant 3500 kilog. de fonte par 24 heures, avec des charbons pesant 225 kilog. le mètre cube et des minerais demandant pour produire 1000 kilog. de fer fondu 5 mètres cubes de charbon, soit 1125 kilog.

La dépense du charbon pour 100 kilog. de fonte serait de 0,05 m. cubes ou 112 kilog. 50. — Si le fourneau produit 3500 par jour, il usera 17 m. cubes 50 de charbon ou 3937 kilog. 50 qui exigeront pour brûler, d'après ce que nous venons de dire, 32944 m. cubes d'air atmosphérique équivalant à 42827 kilog., d'où l'on tire la dépense par minute qui s'élève à 22 m. cubes 37 ou 29 kilog. 74, chiffres au moyen desquels on peut déterminer la force de la machine soufflante.

Ce calcul qui est très simple et à portée de tous les constructeurs, ne laisse pas que d'apporter quelqu'inexactitude dans les résultats, parce que, comme le dit bien M. Karsten, on suppose contre toute vraisemblance que tout le charbon est converti en acide carbonique et non en oxide de carbone, et parce que la dose d'oxigène que contiennent les minerais n'est pas prise en considération bien qu'elle serve à brûler une partie du charbon. Mais, comme l'irrégularité qui proviendrait de causes semblables, ne tendrait qu'à augmenter les résultats du calcul et par suite les dimensions de la soufflerie, on rentrerait dans le principe que nous avons développé (156) savoir, qu'il est essentiel d'établir les machines soufflantes, de telle sorte qu'elles produisent 1/5 à 1/4 de plus que la dépense des hauts fourneaux.

159. — *Régulateurs.* — Toutes les machines soufflantes à pistons doivent être pourvues d'un régulateur, afin que le vent puisse être projeté au haut fourneau d'une manière uniforme et continue.

Plusieurs usines ont adopté l'emploi des régulateurs à capacité constante, comme celui de Tusey, indiqué par la lettre B pl. 4. — Ces régulateurs sont certainement avantageux, en ce sens qu'une fois faits, ils n'exigent aucun en-

tretien, mais leur construction est d'un prix très élevé et demande les plus grands soins; on ne trouve pas toujours d'ailleurs des emplacements convenables. — On doit employer pour la construction des réservoirs d'air à capacité constante, des pierres de taille scellées à plein ciment dans toute leur épaisseur; les joints à l'intérieur doivent être parfaitement calfatés, et recouverts au besoin de papier goudronné. — On a toujours soin de ménager à ces régulateurs, une soupape d'évacuation destinée à l'échappement de l'air, dans le cas où celui-ci viendrait à s'accumuler, toutes les autres issues étant fermées.

On établit encore les régulateurs à capacité constante, en forte tôle rivée, de forme prismatique, sphérique ou ellipsoïdale; mais cette construction est souvent aussi dispendieuse et toujours plus embarrassante que la première. — On peut juger du prix de ces réservoirs, lorsqu'on sait que leur effet ne peut être d'une utilité réelle, qu'autant qu'ils contiennent 25 à 30 fois le volume du cylindre soufflant.

160. — Pour régulariser le jeu des machines soufflantes, on se sert aussi de cylindres allésés dans lesquels se meuvent à frottement des pistons qui sont à leur surface supérieure mis en contact avec l'air atmosphérique, et qui à leur surface inférieure reçoivent la pression du vent chassé par la soufflerie. Les fig. 7 et 8 de la planche 3 suffisent pour donner une idée de ces régulateurs. — La tige du piston *P* peut glisser dans la traverse *a a* qui est fixée aux deux tiges *b b*, ou bien elle peut être liée solidement à cette même traverse et se mouvoir en frottant sur les deux tringles. — Le cylindre est ouvert par le haut, mais il est fermé au fond au moyen d'un couvercle en fonte qui porte deux tubulures *c c*, l'une amenant l'air de la machine, l'autre le conduisant au fourneau. — Le piston placé dans le cylindre, s'élève ou descend suivant la pression du vent dont il établit ainsi, l'écoulement constant aux tuyères. — La soupape de sûreté *m* dont la tige coudée descend dans le cylindre est nécessaire pour empêcher que le piston soit rejeté au dehors, dans le cas où la pression deviendrait trop forte. — Les petits supports *n n n* servent à retenir le piston à une certaine distance du fond, pour que l'air comprimé puisse agir également sur tous les points.

161. — La perfection des régulateurs à frottement appelés aussi régulateurs à piston flottant dépend entièrement, comme dans les machines soufflantes, de la précision apportée dans l'ajustement du piston et du calcul exact qu'on fait du poids de celui-ci; car il est certain qu'un piston trop léger repoussé constamment dans le haut du cylindre serait inutile, et qu'un piston trop lourd imprimerait à l'air une pression telle qu'il dérangerait l'uniformité de son écoulement. — Il faut au moins que le volume du cylindre régulateur soit une fois et demi plus grand que celui du cylindre soufflant; le plus souvent on le fait double, et dans ce cas, pour éviter un appareil de trop grandes dimensions on peut employer deux

cylindres. — On comprendra cependant qu'il est avantageux de donner à ces régulateurs le plus grand diamètre possible, parce qu'alors les déplacements de la surface flottante étant plus faibles tendent à augmenter la régularité du jet d'air.

162. — Les soufflets sont quelquefois admis comme régulateurs pour des souffleries peu importantes. Mais, on se sert plus souvent des régulateurs à eau, composés d'une cloche cylindrique ou prismatique plongeant dans un bassin de même forme, rempli d'eau.— L'air pénètre par la partie supérieure de la cloche qui subit en s'élevant ou en descendant les variations de la pression. Ces appareils, s'ils ne sont pas d'une grande capacité, doivent aussi bien d'ailleurs, que les régulateurs à frottement, supporter un contre-poids calculé à cet effet. — On ne peut pas se dispenser cependant, de donner aux régulateurs à eau une capacité moindre de douze à quinze fois le volume du cylindre de la soufflerie; et, pour les établir sur de telles dimensions, ils deviennent d'une construction très dispendieuse; aussi, les utilise-t-on aujourd'hui en France, d'une manière plus spéciale pour les usines à gaz que pour les hauts fourneaux.

Lorsque la caisse renversée est mobile, on la soutient par des chaînes qui glissent sur des poulies fixées à différents points d'appuis placés autour de l'appareil.—Mais, il arrive souvent qu'on établit cette caisse à demeure, en la posant sur des supports qui la maintiennent à une certaine distance du fond et des bords du bache où elle est placée; alors elle est chargée sur sa partie supérieure ou arrêtée avec de fortes traverses qui l'empêchent de céder à la pression de l'air. — Au moyen de cette disposition, le jeu du régulateur est fondé sur l'élasticité de l'eau qui baisse son niveau dans une caisse et l'élève dans l'autre, suivant les variations de la tension du vent. —Le bassin est construit ordinairement en maçonnerie, ou en plaques de fonte parfaitement assemblées; la caisse qui plonge et dont l'ouverture est placée en dessous, est établie en fonte ou en bonne tôle rivée.

La position des usines et les exigences des localités déterminent souvent le mode de régulateurs à employer, mais il est préférable de faire usage autant que possible des régulateurs à frottement et de ceux à capacité constante. — Ce sont, à notre avis, ces derniers qui donnent le meilleur usage, quand on peut arriver à les établir à peu de frais et sans perte de terrain, en construisant en maçonnerie solide, des caves placées directement sous les machines soufflantes.

163. — *Ustensiles pour régler et distribuer le vent.* — La régularité du vent est un des points les plus essentiels dans la marche d'un haut fourneau. Nous ferons ressortir en tems voulu, les nombreux inconvénients amenés par un soufflement inégal. — Bornons-nous à constater maintenant que la pression du vent est ordinairement indiquée aux tuyères par des manomètres à mercure, gradués en centimètres, et que dans notre travail sur les hauts fourneaux, nous nous servirons de cet instrument pour régler nos observations.

On se servait dans le principe de manomètres à eau ; mais comme ce liquide est environ treize fois plus léger que le mercure, on était obligé d'employer des tubes d'une très grande hauteur, même pour mesurer des pressions peu considérables. — Cette disposition tout à la fois gênante et peu commode a été remplacée dans la plus grande partie des usines à fer par les manomètres à mercure.

164. — Pour que la distribution du vent aux tuyères soit soumise à la volonté des fondeurs, nous croyons devoir recommander l'emploi du robinet indiqué par les fig. 1 et 2 de la pl. 6. Ce robinet d'une construction fort simple est formé par la soupape *a* qui vient poser à frottement sur son assise *b* et qui est conduite par la vis *K* au moyen de la manivelle *D*; c'est l'ouverture de cette soupape qui règle l'entrée du vent dans le fourneau. — La boîte de la soupape et son couvercle sont en fonte; des boulons fixent le couvercle à la boîte qui est liée elle-même au tuyau de conduite *c*; les vides *o*, *o'*, *o''* sont formés par des portées d'ajustement et doivent être remplis avec du mastic de fonte (1). — La soupape *a*, son siège *b* et l'écrou *e* sont ordinairement faits en cuivre; on pourrait cependant sans aucun inconvénient établir les deux premières pièces en fonte.

165. — A la tubulure *m* du robinet, est attachée la buse qui est habituellement faite en cuir, en tôle ou en ferblanc, quoique ces trois matières soient d'un usage peu avantageux. Le cuir est sujet au rétrécissement et à la brûlure, lorsque pendant le travail le vent dominant à une tuyère rejette les charbons enflammés par l'autre; il est d'ailleurs de toute impossibilité de l'employer dans les fourneaux à l'air chaud. La tôle et le ferblanc sont facilement détériorés par le ringard du fondeur travaillant aux tuyères, ou il faudrait pour employer la première qu'elle eût une certaine épaisseur.

Nous conseillerons donc, sans considérer leur construction plus coûteuse, les buses en fonte à manchons cylindriques allésés glissant à frottement sur des culottes de même matière. L'ouvrier fondeur doit pouvoir faire manœuvrer facilement ces manchons au moyen de deux poignées en fer ou d'une manivelle dont l'arbre porte un pignon conduisant une crémaillère. L'ajustement de ce système de manchons présente quelques difficultés, et est comme nous l'avons dit, d'un prix assez élevé ; mais les buses, une fois posées, sont d'un usage indéfini et d'une commodité réelle qui compensent largement les soins et les dépenses de la construction.

166. — A l'extrémité des manchons cylindriques qui ne sont proprement dits que des porte-buses, on doit fixer une buse conique en tôle de 0,40 à 0,50 de

(1) Le mastic de fonte dont nous avons déjà parlé plusieurs fois est composé de limaille ou de tournure de fonte passée au tamis, de soufre et de sel ammoniac mouillés avec de l'urine ou du vinaigre blanc. — On peut encore préparer ce mastic, en employant de la limaille de fonte mêlée à environ 2/5 de plâtre fort qu'on gâche avec du vinaigre, mais cette dernière recette, quoique plus simple, est moins bonne que la première pour la confection des joints surtout.

longueur. — Le plus grand diamètre de l'orifice qui donne le vent a environ 0,08 à 0,09 cent. On rétrécit cet orifice pour les besoins du fourneau, en glissant dans la buse en tôle des rondelles en fer dont le diamètre intérieur varie; ou bien encore, on remplace les buses par d'autres dont les orifices sont plus petits. — Trois diamètres entre 0,08 et 0,05 cent. peuvent suffire pour les changements à faire aux buses dans la marche d'un haut fourneau ordinaire au charbon de bois.

Les fig. 1, 2 et 3 peuvent donner une idée des moyens que nous indiquons pour l'assemblage des manchons et de leurs buses. — Il est facile de remarquer que le manchon ne marche à frottement que sur deux portées *i*, *i* qui suffisent à l'usage qui leur est destiné et qui tendent à diminuer les frais et les difficultés de l'allésage. — On s'apercevra aussi que nous avons laissé à l'extrémité de la buse, une rondelle dont le but est de fermer hermétiquement la tuyère et d'éviter le reniflement du vent hors du fourneau.

167. — Les formes des robinets en usage pour la distribution du vent dans les hauts fourneaux sont extrêmement variées. — Les *fig.* 18, 19, 20 *et* 21 donnent les détails d'un robinet à clef qui peut bien remplacer le robinet à soupape que nous venons de décrire. — Les fig. 11 et 12 représentent un robinet qui est destiné aussi à remplir le même but, mais dont l'emploi est plus général dans les souffleries à air chaud. — Nous indiquons encore par les fig. 14 et 15 un robinet à levier, et par les fig. 16 et 17 un robinet à valve, dont l'usage est fort convenable pour la distribution du vent; cependant ces ustensiles sont employés de préférence aux embranchements des conduites qui servent à envoyer l'air soit à d'autres hauts fourneaux, soit à des wilkinsons, soit à des fours à creusets ou à des feux de forges. Nous pensons que toutes ces figures sont assez détaillées pour qu'on puisse en comprendre la construction; les dessins doivent suffire non seulement pour donner une idée des systèmes employés, mais encore pour aider leur exécution.

168. — *Considérations sur la vitesse de l'air.* — Le volume de l'air dépend de sa vitesse et réciproquement. Il est facile de concevoir que toutes les conditions restant les mêmes, une certaine masse d'air qui serait chassée par un petit orifice, atteindrait en se comprimant une bien plus grande vitesse que si cette même quantité s'écoulait dans le même tems par une ouverture beaucoup plus grande. — Par suite de ce raisonnement, on comprendra qu'avec une machine soufflante de faibles dimensions, on ne peut obtenir un grand volume d'air qu'en diminuant la pression, puisque la vitesse du vent ne peut être augmentée que par le rétrécissement des buses ou par un mouvement plus accéléré donné à la soufflerie.

169. — D'après le rapport qui a lieu entre les vitesses du vent et les surfaces des orifices par lesquels il est lancé, il est facile de calculer la quantité d'air et

en même tems la vitesse, qu'on peut obtenir à l'aide d'une machine soufflante dont on connaît le produit par chaque coup de piston.

Soit par exemple, la machine soufflante cylindrique à double effet de la pl. 3, dont le piston a pour surface 1ᵐ 13ᶜ et pour course 1ᵐ 33ᶜ. — La quantité d'air fournie par chaque coup de piston sera égale, la machine étant à double effet, à deux fois le volume du cylindre, ou à 3 mètres cubes.

L'observation du nombre de coups de piston donnés dans une minute fournira la quantité de vent lancé dans le même tems. — Il sera facile d'établir alors pour guider le conducteur de la soufflerie, un tableau indiquant le produit en mètres cubes de deux, de trois, de quatre etc.,... de vingt coups de piston.

Pour obtenir maintenant la vitesse du vent, il suffit d'établir la proportion que voici : la surface du piston est à celle de la buse comme la vitesse du vent est à celle du piston. Supposons que la machine marche à dix coups de piston par minute, la vitesse de celui-ci sera (1ᵐ 33 × 2) × 10 ou 26ᵐ 60ᶜ. Si l'on admet que la buse présente une surface de 50ᶜ carrés, on pourra remplir par les chiffres suivants, la proportion que nous avons citée.

50 : 1130 :: 26. 60 : X la vitesse du vent ou 345ᵐ 80 par minute.

DES HAUTS FOURNEAUX.

170. — *Définitions.* — Avant d'entamer notre travail sur les hauts fourneaux, il est bon que nous donnions quelques définitions consacrées par la pratique, sans lesquelles nos explications seraient peut-être difficilement comprises.

On appelle *masse*, *massif* ou *tour* l'ensemble de la maçonnerie d'un haut fourneau.

Le *gueulard* est l'orifice où sont précipités les matériaux. Le *corps* du fourneau se compose de deux troncs de cônes de hauteurs inégales, rapprochés par leur plus grande base. — Le premier de ces troncs de cônes, qui s'étend jusqu'au gueulard prend le nom de *cuve*. Le deuxième forme les *étalages* dont la surface environnante, comme d'ailleurs toute celle qui descend jusqu'à la *sole* ou fond du fourneau, compose les *parois*. — La circonférence de rencontre entre la cuve et les étalages, s'appelle le *ventre*; c'est toujours la partie la plus large du haut fourneau.

L'*ouvrage* est la portion qui s'étend depuis les tuyères jusqu'à la naissance des étalages; cependant, on donne encore le nom général d'ouvrage à toute la partie basse du fourneau comprise entre la sole et les étalages. Le *creuset* est toute la capacité placée au-dessous des tuyères; la partie extérieure du creuset s'appelle aussi *avant-creuset*.

Les *tuyères* sont les ouvertures par lesquelles le vent est introduit dans le four-

neau. — Le *nez* ou *museau* d'une tuyère, est le côté qui est présenté au feu. — Dans les fourneaux qui n'ont qu'une seule tuyère, on appelle *contre-vent* la partie des parois qui fait face à celle-ci. — On donne le nom de *costières* aux deux faces de l'ouvrage où sont placées les tuyères.

L'avant creuset est fermé par un rempart incliné et recouvert d'une plaque de fonte ou *dame* sur laquelle s'écoulent les laitiers. — La face opposée à la dame, est la *rustine*.

Le recouvrement ménagé sur la partie du creuset qui s'avance hors du fourneau, s'appelle la *fausse tympe*; il est protégé à l'endroit où s'échappe la flamme par la *tympe*, bloc en pierre, en bois ou en fonte.—Sur la tympe est appuyé le *tacret*, plaque en fonte destinée à supporter le massif extérieur de l'ouvrage au-dessus de la fausse tympe et à le garantir des atteintes de la flamme.

171. — Pour rendre sensibles ces différentes définitions, nous renvoyons aux fig. 1, 2, 3 et 4 de la pl. 5 qui donnent une élévation, une coupe horizontale et deux coupes verticales, la première par les tuyères, la deuxième suivant la longueur du creuset, du haut fourneau de Tusey (Meuse). — Chacune des parties que nous avons indiquées, est affectée d'une lettre spéciale qui peut suffire pour la faire reconnaître, en se servant de la légende suivante :

A le massif. — *a* le gueulard. — *b* la cuve. — *c* les étalages. — *d* la sole.— *e e* le ventre. — *m* l'ouvrage. — *n* le creuset. — *o* l'avant creuset. — *i i* les tuyères. —*r* la rustine. —*f* la fausse tympe. — *e* la tympe.— *t* le tacret. — *k* la dame. — C la cheminée où est pratiquée la portière de charge *v*. — D petite étuve établie derrière la rustine. — *s s* distribution du vent. — *g g g* soupiraux ménagés dans le massif pour l'échappement des vapeurs lors du séchage, des mises en feu, etc., etc. — *l l* boncliers qui retiennent des tirants en fer au moyen desquels la maçonnerie est consolidée.

172. — *Dispositions et dimensions principales.* — Les dimensions à donner aux hauts fourneaux dépendent principalement du volume d'air qu'on y lance à la fois; cependant, pour fixer la relation qui doit exister entre la largeur et la hauteur de l'ouvrage, il faut prendre en considération la nature du minerai et celle du combustible, la quantité et la qualité de la fonte qu'on veut obtenir.

Il importe beaucoup que la largeur au ventre soit bien déterminée, car elle exerce une grande influence sur la production des hauts fourneaux. Il n'existe aucune règle certaine pour déduire cette dimension de principes ou de faits établis, parce qu'il serait rare de ne pas rencontrer d'exceptions susceptibles d'altérer les résultats des calculs. Il est possible toutefois d'atteindre des données à peu près exactes, lorsqu'on connaît la nature des minerais et celle des charbons que l'on doit consommer, ainsi que la quantité de fonte que l'on veut obtenir. En effet, soit à établir un fourneau au charbon de bois devant produire 3500 kilog. de fonte par 24 heures, avec des minerais rendant environ 35 pour 0/0, et

d'une fusion facile avec 112 kilog. de charbon pour 100 kilog. de fonte. On brûlera donc 3920 kilog. de charbon par 24 heures, et par heure 163 kilog. 33. — Or, en s'appuyant sur ce que la quantité de charbon brûlée, peut être environ de 90 kilog. par heure et par mètre carré de section, et en divisant par ce nombre 163 kilog. 33, on trouvera que la surface de la section au ventre est égale à 1^m. 81 qui correspond à un diamètre de 1^m 525.

173. — En connaissant la quantité d'air ramené à la densité atmosphérique dont on peut disposer, il est facile encore d'arriver à déterminer la largeur au ventre d'un haut fourneau qu'on voudrait construire. — Supposons par exemple, qu'on ne puisse se procurer qu'une quantité de 22^m 87^c par minute, et qu'on veuille avec cela alimenter un haut fourneau dont la section au ventre n'est pas connue. Si l'on admet, suivant les expériences acquises, qu'un fourneau doit recevoir en moyenne 13 m. cub. 88 d'air par minute et par mètre carré de section, en divisant 22 m. cub. 87 par ce nombre, on aura 1^m 64 de section au ventre, soit un diamètre de 1^m 43.

174. — En se servant des données dont nous avons fait usage (158) il serait aisé de trouver à la suite des calculs précédents, le produit moyen de fonte par 24 heures, en connaissant toutefois à l'avance la nature des minerais à traiter.

Or, bien que les moyens de calculer les diamètres au ventre des hauts fourneaux, soient comme nous venons de les indiquer, d'une nature tout-à-fait rationnelle, et bien qu'ils soient recommandés par M. Walter, ils ne donnent pas de résultats assez exacts, pour qu'on puisse les employer sans les avoir comparés d'abord avec ceux de l'expérience. En effet, on a reconnu dans la pratique, qu'un fourneau produisant 3500 kilog. de fonte par 24 heures avec des minerais moyennement fusibles, rendant environ 35 pour 100 et fondus avec 112 kilog. de charbon de bois pour 100 kilog. de fonte, devait avoir au moins 2^m 15 à 2^m 40 de diamètre au ventre, résultat qui diffère extraordinairement de celui obtenu (172). A la vérité, il est bon, pour déterminer la largeur au ventre, d'avoir égard à la hauteur totale du fourneau; mais comme celle-ci ne doit pas dépasser cinq fois la largeur, nous sommes fondés à croire qu'un fourneau ayant 1^m 525 au ventre, ne pourrait produire que difficilement 3500 kilog. par 24 heures, même avec une machine soufflante d'une grande puissance.

175. — La hauteur totale des hauts fourneaux alimentés par le charbon de bois varie de 6 m. à 12 mètres. Elle n'excède que bien rarement ce dernier chiffre, mais elle ne doit pas être au-dessous du premier, même en traitant des minerais très-fusibles avec des charbons durs; cette dernière condition est essentielle si l'on veut éviter une trop forte dépense de combustible. — La hauteur des hauts fourneaux à coke est fixée entre 12 m. et 15 m. Quelquefois même, elle dépasse ce dernier chiffre. En général, il est économique en ce qui concerne la dé-

pense des matériaux, d'adopter de grandes hauteurs, toutes les fois qu'on peut disposer d'une grande force de vent.

Les dimensions des fourneaux à charbon de bois doivent être nécessairement moindres que celles des fourneaux à coke, en raison de la dureté de celui-ci (39). Il est évident qu'en suite de ce principe, les hauts fourneaux doivent être d'autant plus élevés que le combustible est plus compacte. — Une hauteur de 7 à 8 mètres pourra très-bien suffire à un haut fourneau alimenté avec des charbons légers et soufflé par une machine peu puissante; dans des conditions contraires, il conviendra de porter l'élévation de 8 à 12 mètres.

D'après ces explications et celles qui précèdent, on peut conclure que de deux fourneaux de même hauteur, celui qui sera chargé en minerais fusibles et en charbons pesants, devra être plus large que celui où l'on emploiera des charbons légers et des minerais réfractaires, la force des machines soufflantes étant la même dans les deux cas.

176. — Les dimensions de l'ouvrage sont toujours proportionnelles à celles du haut fourneau.

Pour les fourneaux en moulages, marchant au charbon de bois et de 7 à 8 mètres d'élévation, il est bon de porter la hauteur de l'ouvrage de 1 m. 40 à 1 m. 50. On pourrait diminuer cette hauteur et la ramener même à 1 m. 20, pour produire de la fonte blanche ou truitée. Pour les fourneaux de 8 à 12 mètres produisant de la fonte grise au charbon de bois, la hauteur de l'ouvrage peut varier de 1 m. 60 à 1 m. 90. On a reconnu qu'en général la hauteur des ouvrages comparée à celle de leurs fourneaux, se maintenait entre 1/7 et 1/8 de la hauteur totale. Un ouvrage trop élevé influerait considérablement sur le produit et occasionnerait la prompte destruction des étalages. Un ouvrage trop bas n'amènerait qu'une fusion incomplète.

Du même principe qui régit la hauteur totale des hauts fourneaux, dépendent aussi les dimensions des ouvrages, c'est-à-dire qu'on devra disposer ceux-ci plus larges et plus élevés lorsqu'on traite des minerais réfractaires avec des charbons compactes, que lorsqu'on brûle des minerais fusibles avec des charbons légers.

La largeur de l'ouvrage ne demande pas à être aussi rigoureusement établie que la hauteur. Il est toujours bon d'employer dès le commencement d'un train un ouvrage resserré qui concentre mieux la chaleur et dont la destruction vient toujours au reste assez promptement. — L'emploi des minerais réfractaires fondus avec de mauvais charbons et par une faible quantité de vent exige constamment des ouvrages hauts et rétrécis.

Les ouvrages sont toujours évasés par le haut pour faciliter la descente des charges, et leur largeur à la naissance des étalages doit être habituellement de 1/4 à 1/3 plus grande que celle mesurée à la hauteur des tuyères. En général, les

ouvrages ont d'autant moins d'évasement que les matériaux sont plus friables et plus disposés à se comprimer fortement.

177.— Les rapports qui existent entre la longueur, la largeur et la hauteur des creusets sont infiniment variables. Non-seulement il est convenable, dans les fourneaux en moulage, de calculer la capacité des creusets de telle manière qu'elle puisse au moins contenir le volume de fonte qu'on coule toutes les douze heures, mais il est même prudent de donner à cette capacité 1/3 ou 1/4 de plus qu'il n'est nécessaire, afin que le creuset puisse contenir une plus grande quantité de fonte lorsqu'on a des pièces de fortes dimensions à couler, et afin d'avoir sur le bain une certaine épaisseur de laitier qui le préserve de l'action de l'air.

Comme la largenr du creuset dépend toujours de celle de l'ouvrage, on ne peut, pour en déterminer la capacité, que s'attacher à chercher les dimensions les plus convenables pour la longueur et la hauteur.

La longueur est en général trois fois et 1/3 plus grande que la hauteur, et celle-ci qui est d'ailleurs limitée par la position des tuyères, est ordinairement de 1/6 à 1/5 plus petite qne la largeur. Ce sont là les seules règles un peu précises, que l'expérience semble avoir établies jusqu'alors, sur les relations qui existent entre les différentes parties des creusets.

178. — Le point le plus élevé de la dame est placé à quelques centimètres au-dessous de la tympe; cette distance est d'ailleurs déterminée par la nature des laitiers. La même raison régit l'inclinaison de la dame, qu'on peut fixer d'une manière presque perpendiculaire dans un haut fourneau où la fonte n'est pas puisée directement à l'ouvrage, par les ouvriers mouleurs. On doit ménager au fond du fourneau, une pente douce vers la dame, afin de faciliter l'écoulement de la fonte. Il arrive rarement que le creuset soit vidé de telle sorte qu'il ne reste aucune goutte de fonte, et en ayant soin que cet incident n'ait pas lieu, on n'a pas à craindre le refroidissement de la sole dont la surface raboteuse reste toujours couverte.

On comprend qu'il est essentiel que le laitier, masse fusible mais pâteuse et qui se refroidit promptement, ne vienne pas se figer sur le fond d'où on aurait beaucoup de peine à le décoller; c'est encore une raison importante qui doit engager le fondeur à laisser toujours un peu de fonte dans le creuset.

179. — La disposition des tuyères est aussi d'une grande influence sur la marche des hauts fourneaux. Dans les fourneaux à charbon de bois, les tuyères sont ordinairement placées à une hauteur qui varie entre 0,35 et 0,50 au-dessus de la sole, suivant la hauteur totale. Le vent qui tend toujours à chasser la flamme et les matériaux sous la fausse tympe, parce qu'il y trouve une issue, exige que les tuyères soient rapprochées de 0,03 à 0,06 en dehors de l'axe du fourneau du côté de la rustine. — Pour éviter une perte d'effet dans la machine soufflante, il est bon de croiser les axes de deux tuyères opposées de 0,02 à 0,04, lorsque le fourneau reçoit le vent par deux ouvertures. La position d'une tuyère trop di-

rigée sur la rustine diminuerait la température sur le devant du fourneau et occasionnerait des chutes de minerais non fondus. Si au contraire la tuyère se trouvait trop rapprochée de la fausse tympe, elle tendrait à en amener la prompte destruction.

Les fourneaux à charbon de bois dont la hauteur est de 6 à 10 mètres reçoivent le vent par une seule ouverture; on n'emploie en général deux tuyères que pour les fourneaux de 10 à 12 mètres.

Dans les hauts fourneaux à coke dont les dimensions sont beaucoup plus grandes on fait quelquefois usage de trois et même de quatre tuyères; les gueulards de ces fourneaux présentent alors une telle surface qu'on est obligé de faire la charge en trois ou quatre points différents.

180. — La fausse tympe doit toujours être établie à 0,03^{e} ou 0,04^{e} au-dessous de la tuyère; placée plus haut, elle occasionnerait une perte de chaleur en livrant un passage trop facile au vent.

La pression continuelle des charges force les laitiers à ne pas s'arrêter aux tuyères et à refluer sur la fausse tympe; il n'y aurait donc lieu de craindre un engorgement aux tuyères qu'au cas ou les minerais employés produiraient des scories épaisses, mais cet inconvénient doit toujours être prévenu par le fondeur qui prend soin de dégager son ouvrage au moyen du ringard.

L'épaisseur de la fausse tympe est déterminée par la longueur qu'on veut laisser au creuset et à l'avant-creuset. Lorsqu'on dispose d'une bonne machine soufflante et qu'on a soin de ne pas laisser passer la flamme sous la tympe, afin de conserver à l'intérieur un haut degré de température, il est avantageux de donner à la fausse tympe la plus grande épaisseur dont on peut disposer, cette portion de l'ouvrage étant avec les parties des costières qui environnent le dessus des tuyères, celles qui sont détruites le plus promptement, par les suites de la marche des hauts fourneaux.

181. — L'inclinaison des étalages est spécialement déterminée par la nature des minerais et des combustibles dont on fait usage. On a égard aussi à la qualité de la fonte qu'on veut produire, cette circonstance indiquant la nécessité de donner aux étalages une pente moindre pour fabriquer de la fonte grise que pour obtenir de la fonte blanche, afin que les minerais puissent être retenus plus longtems à une température élevée, et pour que les combinaisons utiles aient lieu d'une manière plus complète. — On admet des étalages très plats pour fondre des minerais réfractaires avec des charbons légers. Ce système qu'on est forcé d'adopter pour préparer les minerais, en retardant leur descente dans le foyer, présente les inconvénients répétés de chutes de matériaux. Des masses de minerais à demi réduits demeurent sur ces étalages et sont enlevés par le vent qui les précipite non fondus dans l'ouvrage, où leur chute vient dénaturer complétement la qualité de la fonte. — Si au contraire, on fait usage d'étalages rapides,

il arrive, et cela surtont qnand on brûle des minerais en grains, que l'air se trouve obstrué par la pression trop directe des charges, et que la température prend une plus grande extension dans le foyer aux dépens des eouches supérieures. — Tous les inconvénients bien compris des étalages trop plats et des étalages trop rapides, on peut voir qu'il est nécessaire de chercher un terme moyen qui dépende à la fois de la nature des minerais et de la qnalité des combustibles. Ainsi, en règle générale, il est bon de donner une faible pente et nne petite hauteur aux étalages destinés à recevoir des minerais fusibles et des charbons légers, et d'augmenter l'inclinaison en même tems que la hautenr, à mesure que les minerais deviennent plus réfractaires et les charbons plus compactes. Nous nous contenterons d'indiquer que l'angle qui convient le plns eommunément pour les étalages des hauts fourneaux à charbou de bois est celui de 50° à 55°. On ne se décide à choisir une pente de 40 à 45° que pour des charbons légers et friables et pour des minerais extrêmement fusibles. Il serait mauvais d'adopter une inclinaison au-dessous de 40°.

182. — La position du ventre par rapport à la sole ou fond du creuset, est une chose des plus importantes à bien arrêter. Si elle est trop basse, les minerais ne sont pas suffisamment préparés et la réduction n'est pas complète; si elle est trop haute, la dépense de combustible augmente et le minerai fondu iongtems avant son passage à la tuyère, est affiné par le contact du vent et donne nne fonte blanche avec un déchet considérable. Il est certain qne la réduction doit avoir lieu graduellement dans la portion du fourneau comprise entre le ventre et les tuyères, de telle sorte, qu'en bonne marche, les minerais ne soient totalement liquéfiés qn'à une distance très rapprochée des tuyères; et pnisqu'il est reconnn qne cette réduction pour être bonne, doit être soumise aux principes que nous avons énoncés, en ce qui concerne la pente des étalages et la position du ventre, on ne saurait trop prendre en considération les règles qui régissent la disposition de ces deux parties essentielles. — En général, la position du ventre varie entre 1/5, 1/4, 2/7 et 1/3 de la hauteur totale depuis la sole jusqu'au gueulard, suivant que les minerais deviennent moins fusibles et les combustibles plus compactes; ainsi les rapports 1/5, 1/4 et 2/7 sont admis ordinairement dans les fourneaux au charboñ de bois, et on n'emploie le rapport 1/3 que pour les fourneaux à coke.

183.—Le diamètre dû gueulard est aussi un objet qu'il convient de régler avec soin.—Un guenlard trop large pour nn fourneau d'une faible élévation produirait une perte considérable de chaleur et un abaissement de température dans la cuve, tel qn'il serait impossible d'obtenir de la fonte chaude et grise. — Les inconvénients d'un gueulard trop étroit sont encore plus sensibles; la chalenr serait à la vérité mieux concentrée dans le foyer, mais la pression exercée sur les charges augmenterait et serait de nature à être d'une inflnence très nnisible sur le produit. Un gueulard étroit suppose d'aillenrs une inclinaison plus rapide des

parois de la cuve, et il est évident que cette inclinaison s'oppose toujours à l'uniformité de la descente des charges.

Bien qu'on n'ait pas établi de règles certaines pour déterminer le diamètre des gueulards, on peut admettre qu'en général il est convenable de leur donner les 9/20 environ du diamètre du ventre.

184. — Les gueulards des hauts fourneaux sont ordinairement recouverts de cheminées qui s'appuient sur le massif, comme l'indiquent les *fig.* 1 *et* 2 *pl.* 5 et auxquelles on ménage des portes de chargements. Quelquefois on se contente de faire supporter ces cheminées par des colonnes, afin que les gueulards soient accessibles de tous côtés; on emploie de préférence cette disposition lorsque les hauts fourneaux sont abrités par une toiture couverte en tuiles ou en ardoises. Les cheminées coniques conviennent mieux en général que les cheminées cylindriques ou prismatiques. La largeur qu'on leur donne doit toujours être plus grande que celle du gueulard. Leur hauteur varie de 3 à 4 mètres; il serait inutile de leur faire dépasser ce dernier chiffre.

185. — Nous venons de dire quelles sont à peu près les règles générales desquelles on déduit les dimensions et les dispositions principales des hauts fourneaux. Le raisonnement et l'expérience sont les premiers guides sur cette matière, et quelque simple que paraisse au premier abord le travail des hauts fourneaux, il exige la plus grande habitude et les plus grands soins de la part des maîtres fondeurs dont la routine est trop souvent, par malheur, le principal mobile.

Sans qu'on s'arrête à une foule de détails inutiles dans la construction, il est bon de disposer toutes les parties intérieures d'un haut fourneau, d'après les lois qui régissent la fusion des minerais, lois qui désignent d'elles-mêmes l'utilité de la position et des dimensions des différentes parties que nous avons indiquées. — Ainsi que nous l'avons dit au commencement de cet ouvrage, les tâtonnemen's sont toujours très-onéreux pour les maîtres de forges, et nous conseillons à ceux qui ont rencontré des dimensions avantageuses sanctionnées par l'expérience de plusieurs roulements, de les conserver jusqu'à ce que le tems et les résultats permettent d'amener des modifications plus importantes (1).

(1) A l'appui de ces assertions, nous indiquerons comme exemple, les dimensions principales qui pendant huit ans, ont donné aux trois fourneaux des usines de Niéderbronn, les résultats les plus satisfaisants.

Hauteur de la cuve.	10m,000	13m,16 de hauteur totale.
idem des étalages.	1m,495	
idem de l'ouvrage depuis les tuyères.	1m,165	
Distance de la sole aux tuyères.	0m,500	
Diamètre du gueulard.	1m, »	
Diamètre du ventre.	2m,210	
Largeur de l'ouvrage à la naissance des étalages.	0m,825	
Largeur de l'ouvrage aux tuyères.	0m,550	
Inclinaison des étalages 46°.		

186. — Pour rendre complet l'ensemble de nos paragraphes qui traitent des dimensions et des dispositions à donner aux hauts fourneaux, nous renvoyons nos lecteurs à la *pl.* 5 où nous avons dessiné sur la même échelle une série de hauts fourneaux au charbon de bois. Il suffira d'un simple aperçu, pour qu'on puisse juger des différences qui existent entre tous ces fourneaux, différences qui sont dues principalement à la nature des minerais et au besoin de fabriquer une plus ou moins grande quantité de fonte dans un tems donné. Il est évident que les dimensions et les formes de ces fourneaux dont nous avons pu nous-mêmes apprécier la marche régulière, sont les conséquences des observations faites dans chaque localité par les directeurs d'usines ou par les fondeurs chargés du montage; et c'est une raison de plus pour que nous considérions ce parallèle comme un exemple utile de la variété qui existe dans les appareils à fabriquer la fonte.

Les *fig.* 1, 2, 3, 4, donnent le fourneau de *Tusey* (Meuse).— La *fig.* 5, le fourneau de *Niederbronn* (Haut-Rhin). — La *fig.* 6, le fourneau de *Varigny* (Haute Saône). — La *fig.* 7, le fourneau de *Villouxel* (Vosges). — La *fig.* 8, le fourneau de *Bologne* (Haute-Marne). — La fig. 9, le fourneau de *Bairon* (Ardennes). — La fig. 10, un des fourneaux de *Hayange* (Moselle). — Ce dernier appareil est construit pour marcher soit au coke soit au charbon de bois.

Les fourneaux de Villouxel, de Bologne et de Bairon n'ont qu'une seule tuyère et par conséquent produisent une plus faible quantité de fonte que ceux de Tusey, de Niéderbronn, de Varigny et de Hayange. Nous aurons à faire remarquer à ce sujet, que dans les fourneaux à une tuyère, l'axe passant par le centre du gueulard doit s'écarter de la verticale, et venir tomber sur un point de la ligne de milieu du creusel, à une distance plus rapprochée de 0,04 à 0,08° de la costière du contrevent que de celle de la tuyère. L'utilité de cette mesure provient de ce que le vent étant plus rapproché de la rustine, tend à ronger la costière opposée et à lui donner plus d'inclinaison. C'est par la même raison aussi que certains fondeurs donnent au côté de la tuyère plus d'évasement qu'à celui du contrevent; mais cette règle ne doit pas être considérée comme générale, et l'on peut voir que pour le montage du haut fourneau de Villouxel (fig. 7 pl. 5), on semble avoir suivi une marche tout à fait opposée.

187. — *Formes.* — On doit éviter dans la construction des hauts fourneaux, l'emploi de formes irrégulières. Les formes les plus adoptées sont la forme circulaire pour la cuve et pour les étalages, et la forme rectangulaire pour les ouvrages et pour le creuset. Les parties de l'ouvrage qui se joignent aux étalages sont façonnées de manière à être uniformément raccordées à la surface conique de ces derniers.

Dans quelques petits fourneaux à charbon de bois, on emploie encore la forme quadrangulaire pour la cuve jusqu'aux étalages (ainsi le fourneau de Bo-

logne, fig. 8, pl. 5), mais cette forme qui n'offre aucun avantage et qui évidemment doit moins bien satisfaire aux conditions essentielles d'uniformité dans la descente des charges, est d'ailleurs d'un raccordement très-difficile avec les étalages; et, bien que la construction de la cuve doive être nécessairement un peu moins coûteuse que si l'on suivait la forme circulaire, c'est aujourd'hui chose certaine que cette disposition sera entièrement abandonnée pour tous les nouveaux fourneaux à construire.

On arrondit quelquefois les ouvrages à leurs angles, de manière à leur donner la forme d'un ovale aplati (fig. 7 et fig. 10). Cette forme paraîtrait devoir être profitable à la marche des hauts fourneaux, en même tems qu'elle serait de nature à conserver plus longtems l'épaisseur des parois qui, lorsqu'elles sont composées de surfaces planes, tendent toujours après le *fondage* (1) à prendre la forme circulaire.

188. — Voulant favoriser la distribution du vent dans l'ouvrage, en donnant à celui-ci une forme plus rapprochée de celle qu'il conserve après sa destruction, et qui par cela même semble devoir lui être plus propre, nous adoptâmes pour l'un des *remontages* du fourneau de Tuscy, la forme de l'ovale aplati.

La largeur du creuset à la rustine était de 0,61^{c}; il venait en se rétrécissant jusqu'à la dame, à 0,42; sa longueur depuis la rustine jusqu'à la fausse tympe était 0,66; les axes des deux tuyères étaient écartées de 0,17. — Nous n'obtînmes avec cet essai qui ne fut pas recommencé qu'un mauvais résultat. Nous sommes pourtant bien convaincus que la forme ovale ne fut pas nuisible, et nous attribuons entièrement notre défaut de réussite à la distance trop grande des deux tuyères entr'elles, et au mauvais montage de l'ouvrage en briques réfractaires qui étaient destinées d'abord pour une forme rectangulaire, mais qu'on fut obligé de tailler pour obtenir la section voulue, et qui présentèrent alors dans leur assemblage un grand nombre de parties anguleuses peu solides.

189. — C'est sur l'axe commun de la cuve et de l'ouvrage que le fondeur doit guider les constructions et les réparations qu'il fait dans l'intérieur du fourneau. Toutes les parties des deux troncs de cônes qui constituent la cuve et les étalages, toutes celles verticales des costières et de la rustine, toutes celles

(1) On entend par *fondage*, toute la durée du roulement d'un haut fourneau, depuis la mise en feu jusqu'à la mise hors. — Ce tems qu'on désigne aussi sous le nom de *train* ou de *campagne* est plus ou moins long, suivant l'allure du fourneau, la qualité des matériaux employés à sa construction, les accidents qui surviennent aux moteurs, aux machines soufflantes, etc., etc. — Il peut arriver qu'un haut fourneau fasse un train de quinze jours ou un mois, comme aussi un autre de dix-huit mois ou deux ans. Mais la durée des fondages pour les fourneaux en marche, toutes les circonstances étant convenables, est ordinairement de neuf mois à un an.

qui forment l'évasement de l'ouvrage lorsqu'il se réunit aux étalages, sont entièrement dépendantes de l'axe commun. — Le déplacement de cet axe est toujours d'un effet nuisible sur l'allure du fourneau. Il en résulte des descentes obliques, des chutes et des éboulements qui détruisent rapidement les parties hors de l'aplomb.

190. — *Constructions.* — On donne le plus ordinairement à la maçonnerie extérieure des hauts fourneaux, la forme d'un tronc de cône ou celle d'un tronc de pyramide quadrangulaire; cependant, on doit préférer la première qui est plus économique. — Cette maçonnerie est établie en pierres de taille parfaitement liées ensemble au mortier à ciment et cerclées ou retenues par de longues tringles de fer dont les extrémités sont clavetées contre les plaques arrondies en fonte, appelées *boucliers* (*l l fig.* 1, *pl.* 5.)

On choisit pour ce travail des pierres de taille, telles qu'on les trouve sur le lieu le plus rapproché de la construction; mais il est bon d'employer pour les parties qui environnent l'avant-creuset, des pierres qui ne soient pas exposées à la calcination, ce qui nuirait à la solidité du massif.

191. — Les fondations des hauts fourneaux doivent être solidement établies, et à l'abri de toute humidité. Il arrive souvent que ces fondations sont voûtées tant pour éviter un emploi inutile de matériaux que pour amener des courants d'air dont l'effet prévient une trop forte expansion de chaleur. Les cavités pratiquées sous la sole des hauts fourneaux servent encore à loger les conduites de tuyaux en fonte, qui distribuent l'air. — En général, les conduites d'air doivent être accessibles sur tous les points, pour qu'on puisse vérifier s'il n'existe pas des fuites nuisibles à l'effet des machines soufflantes.

192. — Le devant du fourneau appelé *poitrine* ou *côté* du travail, est évidé et forme en se réunissant aux mureaux qui garnissent l'avant-creuset, une niche terminée par deux angles obtus. La partie supérieure de cette profondeur est soutenue par une ou plusieurs *gueuses* de fonte, qu'on nomme *marâtres*. — Des enfoncements semblables sont reproduits aux tuyères et derrière la rustine; ce dernier peut servir d'étuve en le fermant par une porte en tôle.

193.— Il arrive quelquefois que, pour obtenir plus de légèreté dans la construction du massif, on le commence supporté par des colonnes à la hauteur des étalages. — Quelques hauts fourneaux de petites dimensions sont recouverts comme les fourneaux de deuxième fusion, de plaques en fonte retenues par des cercles en fer. — A l'intérieur de cette enveloppe, on établit pourtant une garniture en pierres pour économiser les briques ou le sable, matériaux qui sont souvent d'un prix plus élevé.

194. — Les parois de la cuve sont construites en briques réfractaires d'une qualité inférieure à celle des briques de l'ouvrage, ou quelquefois en pierre de grès. Dans ce dernier cas, les pierres sont taillées à l'avance et ajustées à l'in-

clinaison de la cuve au moyen d'un calibre de même forme composé d'une règle fixée à l'axe par plusieurs traverses horizontales. L'axe est mobile sur un pivot et fait tourner le calibre qui détermine la position de chaque pierre (*fig.* 11 *pl.* 5).

Il vaut mieux, lorsqu'on a la facilité de se les procurer, employer des briques réfractaires pour la construction des cuves. — Pour que l'ajustage de ces briques soit fait d'une manière régulière et solide, il est essentiel, après en avoir fixé la hauteur qui est ordinairement de 0,07 à 0,08^{m}, de faire un tracé de toutes les assises et d'appliquer à chacune d'elles un moule particulier. Ces tracés s'obtiendront facilement en décrivant à la hauteur de chaque assise des circonférences concentriques, depuis la naissance de la cuve jusqu'au gueulard (fig. 13 et 14. pl. 5).

195. — Quoique la dépense des moules à briques soit de peu de conséquence, il arrive souvent que le même moule sert à établir plusieurs assises qui offrent entr'elles peu de différence à cause de leur faible hauteur.

Voici le nombre des briques dont on a employé dix échantillons seulement, pour la construction d'une cuve qui avait 5^{m},35 de hauteur sur 2^{m},23 de diamètre en bas et 0^{m},95 en haut. Ces briques étaient faites avec 2/3 de terre réfractaire argileuse et 1/3 de sable blanc; elles étaient payées aux ouvriers chargés de les faire, à raison de 5 fr. par mille kilog. — Quoique la densité des briques soit très-variable, par rapport à celle des matières employées à leur confection, nous donnerons le poids des nôtres pour essayer de mettre les consommateurs sur la voie du prix de revient d'une enveloppe de cuve en briques réfractaires (à la différence près du prix d'achat de la terre et du sable). — Les numéros sont indiqués en commençant par le bas de la cuve :

N°s 1	— 317	briques de	15k^{os},50	— 4913k^{os},50
2	— 278	*idem*	15 00	— 4170 »
3	— 271	*idem*	14 50	— 3929 50
4	— 259	*idem*	14 50	— 3755 50
5	— 220	*idem*	14 00	— 3080 »
6	— 202	*idem*	13 50	— 2727 »
7	— 177	*idem*	13 »	— 2301 »
8	— 164	*idem*	12 50	— 2050 »
9	— 145	*idem*	12 50	— 1812 50
10	— 117	*idem*	12 »	— 1404 »
En tout	2150	briques pesant		30143 kilog.

On peut voir que le poids des briques est diminué au fur et à mesure que les circonférences des assises deviennent moindres, en s'approchant du gueulard, et qu'en même tems la courbure des arcs se faisant plus sentir, il a été plus difficile de répéter l'emploi des briques de même moule pour plusieurs assises.

196. — On laisse toujours dans la construction du massif d'un haut fourneau, un vide circulaire *u*, *u*, *u* (fig. 2, pl. 5), compris entre l'enveloppe de la cuve et celle formée par la maçonnerie extérieure. Ce vide qui est rempli de matières peu conductrices du calorique, telles que les sables brûlés, les laitiers concassés au marteau, etc., etc., sert à prévenir les pertes de chaleur

autant qu'à faciliter les effets produits par la dilatation lors de la mise en feu, et par la contraction lors de la mise hors. — Pour cette dernière raison aussi, et pour fournir l'échappement des vapeurs occasionnées par le séchage, etc., on ménage entre les pierres de la tour, des soupiraux *g*, *g* (fig. 1re, pl. 5) qui communiquent avec l'espace intermédiaire dont nous venons de parler.

197. — Les ouvrages sont établis en briques réfractaires, en pierres de grès ou en sable. On doit éviter dans la construction en briques ou en pierres, la multiplicité des joints, et pour cela, choisir de gros blocs de pierre et employer des briques de grandes dimensions. Tous les joints doivent être faits avec un mortier bien liquide d'argile réfractaire et garnis avec le plus grand soin, si l'on veut éviter les dégradations qu'amènerait le feu en s'introduisant dans les fissures. Cette précaution doit être également observée pour le montage de la cuve.

Si les briques réfractaires sont préférées aux grès pour la construction des cuves, ces derniers sont d'un avantage plus reconnu pour la confection des ouvrages, lorsqu'on peut se les procurer en blocs de fortes dimensions. Il est des ouvrages dont la sole est faite d'une seule pierre, dont la rustine, dont la fausse tympe, dont les costières sont prises dans un seul bloc, et lorsque les grès ne sont pas mélangés de parties fusibles, ces ouvrages peuvent durer extrêmement longtems.

198. — Les départements de la Marne et de la Haute-Marne possèdent de fort bonnes terres réfractaires. Il existe à Épernay (Marne), une fabrique de briques réfractaires d'excellente qualité, mais d'un prix fort élevé pour les usines éloignées de cette ville (1).

La plupart des hauts fourneaux situés dans les départements de la Meuse, des Vosges et de la Haute-Marne, ont leurs ouvrages montés en sable. Les quelques usines qui emploient des briques réfractaires, soit pour la construction des hauts fourneaux, soit pour celle des fours destinés à la fabrication du fer, les confectionnent elles-mêmes avec les matériaux les plus voisins (2).

---

(1) Les briques réfractaires d'Épernay sont vendues 200 à 230 francs les mille kilog. — A Nairon (Haute-Saône), les briques d'ouvrages de 0,36 de longueur sur 0,27—0,19 de largeur et 0,054 d'épaisseur, coûtent 240 francs les mille kilog. à prendre sur les lieux. — On peut juger après cela du prix des ouvrages en briques, surtout pour les usines éloignées, lorsqu'on sait qu'il ne faut pas moins de 2000 à 2500 kilog. de briques, en comprenant celles de sole et de fausse tympe, pour monter un ouvrage jusqu'à la naissance des étalages.

(2) Les forges anglaises d'Abainville (Meuse), de Sionne (Vosges), de Doulaincourt (Haute-Marne) emploient pour la construction et pour les réparations de leurs fours une grande quantité de briques réfractaires composées comme les numéros que nous indiquons.

La composition de ces briques forme les quatre numéros ou échantillons suivants:

N° 1 — 2/3 cailloux de la Moselle, 1/3 terre de Villy-en-Trodes (Haute-Marne) (1).
2 — 1/3 cailloux, 2/3 terre de Vert-Bois (Haute-Marne).
2 (*bis*) 2/3 vieilles briques, 1/3 terre de Vert-Bois.
3 — 2/3 terre de Vert-Bois, etc., 1/3 sable blanc de Gironcourt (Vosges).
4 — 2/3 sable jaune réfractaire, 1/3 sable blanc de Gironcourt.

Les vieilles briques et les cailloux de la Moselle sont broyés en poussière très fine sous les pilons d'un bocard ou au moyen de meules.

Les deux premiers numéros sont affectés au montage des ouvrages et des parties des fours qui sont soumises à une forte température. Les deux autres sont destinés à la construction des cuves et des endroits des fours qui ne reçoivent pas l'atteinte directe du feu. — Nous donnons les compositions ci-dessus plutôt pour indiquer les proportions à apporter dans les mélanges, que pour recommander l'emploi des matières, qui bien certainement sont loin d'être à portée utile d'un grand nombre d'usines.

199. — La recherche des sables et des terres réfractaires est une chose à laquelle le fondeur doit apporter tous ses soins. — On peut reconnaître qu'un sable contient des parties calcaires par l'effervescence qu'il produit, lorsqu'on verse dessus quelques gouttes d'acide nitrique ou d'acide sulfurique; cette effervescence est souvent suffisante pour indiquer que le sable n'est pas propre à supporter l'effet d'une température très-élevée. Mais on peut essayer d'une manière à la fois plus certaine et plus pratique, la terre ou le sable dont au premier abord on ne reconnaît pas entièrement les propriétés, en introduisant pendant quelque tems, au milieu d'un foyer pénétré d'une chaleur intense, par la tuyère d'un haut fourneau ou d'un cubilot par exemple, un morceau de cette terre ou de ce sable pétri à la main, sous une forme quelconque.

200. — Le montage des ouvrages en briques ou en pierres, est l'affaire d'un maçon adroit et intelligent; on comprend assez comment cette opération peut s'effectuer pour que nous nous dispensions d'en donner de longs détails. Nous nous contenterons donc de parler de la construction des ouvrages en sable.

Il peut arriver que le sable réfractaire choisi pour la construction d'un ouvrage, soit mélangé de quelques grès en morceaux assez gros pour gêner la compression par couches égales, et pour nuire à la liaison intime qui doit exister entre toutes les parties des parois. Il est nécessaire alors d'écraser les mottes et de passer le sable à la claie afin de lui donner un grain uniforme. — Nous avons essayé plusieurs fois l'addition de 1/5 à 1/6 de silex broyé au sable

(1) La terre de Villy en Trodes est une terre argileuse, très-réfractaire. Celle du Vert-Bois quoique difficilement fusible, l'est plus que la précédente. Le sable de Gironcourt est un grès très-fin qui lié avec une terre ou un sable argileux, donne des briques qui peuvent supporter une haute température, bien quelles ne valent pas celles des premiers numéros.

réfractaire, et nous avons remarqué que ce mélange bien fait était plus durable que le sable employé seul (1). — Le sable à mettre en œuvre doit être assez mouillé pour qu'il puisse se lier facilement, mais cependant pas assez frais pour qu'il s'attache contre les doigts quand on le serre dans la main.

201. — Lorsque le sable est ainsi préparé, on commence la construction de l'ouvrage par l'établissement de la sole qui se compose de plusieurs couches solidement damées avec des fouloirs en fer semblables à ceux des mouleurs. Ces fouloirs terminés par des arêtes d'une épaisseur de 1 ou 2 centimètres, doivent laisser sur le sable des empreintes assez profondes qui servent à lier les couches entr'elles. Il faut avoir soin à cet égard, de ne pas obtenir des surfaces unies qui formeraient, en se réunissant, ce que les ouvriers appellent *feuilles* ou *galettes*. — On peut éviter cet inconvénient lorsqu'il se présente, en pratiquant sur les parties foulées, des incisions ou cavités qui servent d'amorces à la couche suivante, et en mouillant la superficie du sable, lorsqu'elle a séché pendant les instants où l'opération est interrompue.

Lorsque la sole est arrivée à la hauteur voulue, on fixe le centre de l'ouvrage suivant l'axe du fourneau, figuré par un fil à plomb qui descend du gueulard. C'est ce point marqué sur la sole qui détermine la position respective des différentes parties de l'ouvrage.

On place alors sur le fond, une caisse rectangulaire *a a a* (*fig.* 11 *et* 12 *pl.* 5) maintenue à l'intérieur par des supports *c c c*. Cette caisse représente la rustine et les costières. Jusqu'à la hauteur des tuyères, elle est échancrée à sa partie antérieure et supporte un plancher *n n* sur lequel doit s'élever la fausse tympe. On continue à damer le sable autour de la caisse, en suivant la méthode que nous avons indiquée, et on a soin de le maintenir en dehors de l'ouvrage, de chaque côté de l'avant-creuset avec des planches suffisamment appuyées pour que la pression exercée par le battage ne les fasse pas céder. Quand les parois du creuset et de l'avant-creuset sont garnies de sable bien foulé, on procède à la pose des tuyères et de la tympe. — Si l'on emploie des tuyères en sable ou en fer et une tympe en fer ou en pierre, on se bornera à fixer invariablement la place des premières par des morceaux de bois de forme cylindrique ou conique servant de noyaux, et à poser de suite la tympe en l'appuyant sur les deux bords de la caisse

---

(1) Il serait très-difficile et très-coûteux de broyer les fragments de silex, si l'on n'avait soin d'abord de les chauffer fortement et de les jeter dans cet état au fond d'une cuve remplie d'eau. Cette opération qu'on appelle *étonner* les cailloux, a pour but de les diviser en morceaux très-petits, au moyen du refroidissement subit opéré par l'eau, et de rendre ainsi, infiniment plus facile, le travail de la meule ou des pilons. — Dans les usines où l'on fait fonctionner souvent les cubilots ou Wilkinsons, il est facile, après la fonte, de remplir les fourneaux avec des cailloux qu'on échauffe de cette manière sans dépense de combustible.

et en la calant avec soin contre la maçonnerie du fourneau. — Si l'on fait usage de tuyères et de tympe à eau, la mise en place exigera un peu plus de tems, parce qu'on devra fixer immédiatement les tuyères à l'endroit où on aurait mis les morceaux de bois, et assembler les tuyaux destinés à conduire l'eau. Il est évident que la hauteur des tuyères est indiquée par l'axe passant au centre des buses et perpendiculaire à celui du fourneau ; on obtient facilement cet axe en tendant une ficelle d'un robinet à l'autre. Pendant le damage autour et au-dessus des tuyères, on peut construire de chaque côté un petit mur en briques cuites ordinaires ou en moëllons ; ce mur est destiné à soutenir le sable.

Toutes ces dispositions étant terminées, on pose sur la première caisse, une deuxième boîte *b b b* ouverte à chaque extrémité et assemblée en forme de trémie. On continue comme précédemment à comprimer le sable autour de cette boîte qui figure la partie évasée de l'ouvrage jusqu'à sa jonction aux étalages. Pendant cette opération, on a dû damer le sable à la hauteur des autres faces sur le plancher de la fausse tympe et sur la tympe, en continuant à le retenir sur le devant du fourneau par des planches bien calées et par le tacret qui repose à sa partie inférieure sur la tympe et qui est maintenu en avant par plusieurs ringards (fig. 21 pl. 5) formant supports.

Lorsque le pourtour de la deuxième caisse est entièrement rempli, on établit les étalages en damant le sable par couches inclinées qu'on dirige vers la naissance de la cuve, en se guidant avec une règle. On pourrait encore faire usage d'une troisième caisse placée sur la deuxième et continuer le travail comme d'abord ; mais il faudrait pour obtenir un résultat complet que cette caisse fût de forme conique, et son établissement deviendrait très coûteux. — Il faut donc se contenter de maintenir les couches de sable, le plus solidement qu'il est possible, avec des planches mises en travers et ajustées carrément. Pour fouler les étalages et les autres parties de l'ouvrage qui offrent une grande épaisseur de sable, on peut remplacer momentanément le fouloir à arête par la *batte ronde* ou *pilette* (*fig.* 17 *pl.* 5.)

Après le battage, on retire du fourneau, les caisses et les planches qui ont servi à maintenir le sable dont la surface doit présenter alors une grande dureté. — On taille les étalages au moyen d'un *racloir*, et on emploie pour conserver leur pente un calibre semblable à celui dont on s'est servi pour la cuve.

Les contours étant bien préférables aux angles vifs dans le travail du haut fourneau, on a soin d'arrondir les points de rencontre de la cuve et des étalages, des étalages et de l'évasement du creuset, enfin de cet évasement et du creuset. — Si les tuyères adoptées, sont des tuyères à eau, on a dû en les plaçant les reculer à trois ou quatre centimètres de l'intérieur ; leur museau est alors couvert d'une couche de sable qu'on taille en l'évasant du côté de l'ouvrage. — On termine le montage en raffermissant toutes les parois avec une *batte* semblable à

celle de la *fig.* 16 *pl.* 5. — Les outils qu'on emploie ordinairement pour tailler le sable sont le *racloir* (fig. 18) ; un autre semblable à celui-ci, mais dont le manche est recourbé et la *tranche* (fig. 19).

203. — Il est convenable, pour prémunir les parois contre les premières attaques de la mise en feu, de les recouvrir d'une couche d'environ 0,01ᵉ d'épaisseur, d'un enduit composé de 4/5 de terre réfractaire et de 1/5 de laitier pilé ou de poussier de charbon, délayé dans l'eau. Nous avons fait essayer plusieurs fois l'emploi d'une deuxième couche de cet enduit, après avoir desséché l'intérieur de l'ouvrage par le feu de quelques fagots, maintenu pendant deux ou trois heures. Cette précaution nous parut avantageuse, en ce qu'elle permettait de remplir exactement toutes les fissures produites par le premier effet de la dessiccation.

204. — Le rafraichissement par l'eau dans les tuyères et dans les tympes n'est adopté jusqu'à présent que dans quelques usines. — Plusieurs métallurgistes croient que le passage de l'eau peut amener des refroidissements nuisibles à l'allure des hauts fourneaux.

Cette circonstance est exacte jusqu'à un certain point, et c'est par cette raison que nous recommanderons de n'employer que de très-minces filets d'eau qui s'écoulent sans une grande pression et sortent des tuyères ou des tympes qu'ils ont alimentées avec une température de 55° à 60^{ce}. — Il n'y a dans un pareil cas, d'autres refroidissements à craindre que ceux qui pourraient être occasionnés par des fuites résultant de joints mal faits.

205. — La fig. 5 de la pl. 6 représente une tuyère à eau dont l'enveloppe extérieure en fonte est jointe à son recouvrement intérieur en forte tôle au moyen de huit boulons rivés. Cette tuyère reçoit l'eau froide par l'orifice *a* et la rend ensuite par l'orifice *b*. Une telle disposition est vicieuse, si l'on veut éviter les refroidissements dont nous parlions tout à l'heure, la fraicheur de l'eau étant appliquée trop directement vers le *museau* ou *nez* de la tuyère.

La tuyère indiquée fig. 4 et dont on voit une coupe dans la fig. générale 1, est d'un usage plus avantageux sous tous les rapports (1). Elle ne présente pas comme la précédente l'inconvénient des joints, parce qu'elle est coulée d'un seul jet et

(1) Un grand nombre de hauts fourneaux et surtout ceux qui sont rapprochés des Ardennes, emploient les tuyères en fer forgé d'une seule pièce, fabriquées dans les usines de M. Gendarme, maitre de forges à Charleville. — Ces tuyères qu'on vend 120 à 130 fr. pièce, c'est-à-dire à un prix aussi peu élevé que celui que coûteraient des tuyères en fonte, ont sur ces dernières, l'avantage de la durée et de la solidité. — Mais, il faut pour qu'on puisse compter sur leur usage, qu'elles soient l'objet d'une fabrication spéciale, comme chez M. Gendarme; autrement des tuyères en fer mal confectionnées, vaudraient moins que des tuyères en fonte et compromettraient la marche des hauts fourneaux.

elle produit moins de fraicheur dans l'ouvrage parce qu'elle prend l'eau par l'ouverture *e* pour la rendre par l'ouverture *d*. Les deux trous *e* et *f* indispensables d'ailleurs pour le moulage, sont utiles pour le nettoiement de l'intérieur de la tuyère; on les tient bouchés par deux tampons en fer vissés dans la fonte. L'extrémité de la buse vient s'appliquer contre la tuyère de manière à la fermer exactement, comme le montre la fig. 1. — Lorsque le vent, à sa sortie de la buse, est repoussé en partie par la résistance que lui présentent les matériaux amassés devant la tuyère, les fondeurs disent qu'il y a *reniflement*. C'est pour éviter ce reniflement nuisible à l'effet de la machine soufflante et pour arrêter l'entrée de l'air atmosphérique dont la présence tend à rendre irrégulière l'allure des fourneaux, que nous devons recommander de fermer hermétiquement les orifices des tuyères, non-seulement aux conducteurs des hauts fourneaux, mais encore à ceux des cubilots ou fourneaux de 2e fusion.

206. — Il ne faut pas négliger de bien prendre en considération les trois points principaux suivants, utiles à la conservation des tuyères à eau, coulées en fonte :

1° — Le dégagement nécessaire par les trous de nettoiement, des tartres que l'eau dépose à son passage et qui obstruant l'intérieur de la tuyère, en provoqueraient la fusion.

2° — L'épaisseur réduite à 0,025 au plus, de l'enveloppe extérieure de la tuyère à l'endroit où elle regarde dans le fourneau. Le refroidissement ne serait ni assez subit, ni assez prolongé si cette épaisseur augmentait, et le museau s'échauffant rapidement pourrait être détaché par le ringard du fondeur. — A cette occasion, nous dirons que le plus sûr moyen d'obtenir des tuyères en fonte de bonne qualité, est de les mouler en terre et de les couler le nez renversé, en suspendant les deux noyaux.

3° — Le soin que doit apporter le fondeur à ne pas laisser des amas de fer affinés s'arrêter longtems sur le museau de la tuyère, et faire corps avec la fonte dont il pourrait entraîner une portion en repoussant ces amas avec le ringard.

Dans la prévision de l'un ou de l'autre de ces accidents, il serait toujours bon d'avoir en magasin une ou deux tuyères, et aussi une tympe, qu'on pourrait poser à l'instant même en remplacement de celles qui seraient endommagées. On éviterait par là, des retards constamment préjudiciables à une bonne allure de fourneau.

207. — Les tympes à eau sont toutes à peu près semblables à celle qui est dessinée *fig.* 6 *pl.* 6. Il suffit de fixer leur épaisseur à trois ou quatre centimètres; leur longueur est dépendante de la largeur de l'avant-creuset, mais cependant elles doivent s'appuyer sur les costières de 0,30 au moins de chaque côté. Il est urgent, comme pour les tuyères, de se ménager les moyens de nettoyer les tympes. Pour cela, on a soin de ne pas comprendre les brides des extrémités où

a lieu la jonction des tuyaux, dans l'épaisseur de la maçonnerie, et disposer une certaine longueur de la conduite qui amène l'eau, de manière à pouvoir la démonter, pour permettre de promener un racloir dans toute la longueur de la tympe.

208. — L'idée de rafraîchir le devant de l'ouvrage, en humectant le sable de la fausse tympe par un courant d'eau dirigé derrière le tacret, a été mise à exécution au haut fourneau du Val-d'Osne, où l'on n'a pas, que nous sachions, rencontré jusqu'à présent des traces quelque peu sensibles d'amélioration. — Quant à nous, qui pendant un train du haut fourneau de Tusey, avons essayé un procédé du même genre, en injectant l'eau d'instants en instants par un robinet dont l'orifice dominait le tacret, nous nous sommes aperçus que le refroidissement qui provenait de cette opération était plus nuisible qu'avantageux à la marche du fourneau. — Cependant, pour ceux qui voudraient en essayer, nous indiquons par la *fig.* 10 *de la pl.* 6, comment on pourrait disposer le tacret, sous la forme d'une boîte ou hotte qui occuperait toute la largeur du creuset, et qui recevrait l'eau par l'orifice *x* pour la laisser échapper par une ouverture placée à l'autre extrémité.

Nous comprenons qu'on puisse employer des tuyères et des tympes à l'eau parce qu'elles offrent sur l'ancien système, l'avantage de mieux conserver l'ouvrage en évitant des réparations et des changements souvent renouvelés; mais l'expérience a prouvé que les fausses tympes ordinaires, quoique détruites plus promptement que les autres parties de l'ouvrage, suffisaient au roulement habituel des hauts fourneaux. Comment accorder d'ailleurs, la haute température qui doit régner dans le creuset avec l'humidité transportée sur tant de points à la fois.

209. — *Séchage et mise en feu.* — Avant de mettre un haut fourneau en activité, on doit commencer par le sécher. — Si le fourneau vient d'être construit à neuf, le séchage exige les plus grands soins. Après avoir nettoyé le creuset qui n'est pas encore fermé par la dame, on commence à faire à l'entrée de l'avant-creuset, avec des fagots ou de la tourbe, un feu doux qu'on entretient pendant deux ou trois jours. On forme ensuite à l'aide de plusieurs ringards appuyés à une extrémité contre la rustine et soutenus en dehors du fourneau par un bloc de fonte, une grille sur laquelle on brûle pendant quelques jours encore, du bois sec ou de la houille. Il serait plus commode de disposer la grille en dehors et d'entretenir le feu dans un four postiche (*fig.* 15 *pl.* 5) dont la voûte semblable à celle d'un four à reverbère viendrait s'abaisser sur la tympe. Pour ménager les parties des costières et de la fausse tympe soumises au contact trop direct de la flamme, on peut le revêtir d'une fausse enveloppe de briques posées sur champ sans aucun mortier.

Quand on est certain que la dessiccation est assez avancée, on retire la grille

formée par les ringards, on jette sur la sole quelques charbons incandescents et on remplit immédiatement toute la capacité du fourneau, de charbon frais. — On ferme alors toutes les issues par lesquelles l'air pourrait provoquer une combustion trop rapide et on laisse le feu se propager lentement. — Lorsque la masse commence à s'affaisser au gueulard, on jette encore si on le juge nécessaire, quelques rasses de charbon; autrement, on charge immédiatement le minerai en le faisant précéder sur les premières charges de quelques pelletées de castine.

Il est tems alors de mettre en train la première *grille*. — L'opération que les fondeurs appellent grille, consiste à rétablir les ringards dans la position déjà indiquée et à leur faire supporter la colonne des charbons contenus dans le fourneau. — Le tirage qui est provoqué activement par la disposition de cette grille a pour but d'échauffer les parties inférieures de l'ouvrage et d'avancer la combustion dans les parties supérieures. Chaque grille dure environ trois quarts d'heure. — On laisse écouler entre les premières un assez grand laps de tems, et on accélère les dernières quand on juge que le fourneau est assez chaud. — On peut ainsi laisser l'appareil en grilles pendant plusieurs jours, la quantité de grilles à faire, dépendant évidemment de la capacité à sécher et de la qualité des charbons.

210. — Si le fourneau qu'on met en feu a déjà servi et si l'ouvrage a été seulement reconstruit, la dessiccation est bien moins longue à opérer. Il faut cependant apporter toutes les précautions utiles, pour que les parois ne soient pas endommagées par une chaleur trop forte, en commençant.

En général, il suffit de faire pendant un ou deux jours sur la grille dont nous avons parlé, un petit feu entretenu avec de la houille. En brûlant, dans la dernière période (pour un fourneau de 9 à 10 mètres) 6 à 800 kilog. de houille, on peut économiser un tiers du charbon dont on remplit la cuve. On fait des grilles comme dans le cas précédent, mais alors il convient d'en faire beaucoup moins.

211. — Dès qu'on s'aperçoit par l'écoulement de la castine aux tuyères que les premières charges en minerais vont arriver, on s'empresse de préparer la dame.

Pour cela, on comprime comme pour le montage de l'ouvrage, le sable à la hauteur des costières et contre une plaque de fonte placée verticalement à l'extrémité de l'avant creuset et maintenue par une cale appuyée sur la tympe. Lorsque le sable a été disposé suivant la pente nécessaire, on le recouvre d'une plaque de dame sur laquelle devront s'écouler les laitiers. Cette plaque est ordinairement coulée en fonte blanche et sur couche, à l'épaisseur de 0,06 à 0,08^{c}. Par économie, quelques fondeurs divisent la dame en deux morceaux, l'un qui n'a que 0,15 à 0,20 de longueur touche à l'avant-creuset et peut s'enlever lorsqu'il est brûlé pour être remplacé par un morceau semblable, l'autre qui est beaucoup plus long et qui peut durer pendant plusieurs trains, parce qu'il n'est pas exposé

comme le premier à la destruction produite nécessairement par le contact de la fonte et des laitiers liquides qui demeurent continuellement dans le creuset.

212. — Si le fourneau était destiné à la production de la fonte en gueuses, on ménagerait, en rejetant la dame sur le côté, entre celle-ci et une des costières: une ouverture appelée *trou de coulée.* Cette ouverture qui a toute la hauteur de l'avant-creuset est remplie par plusieurs couches de sable qu'on a soin de damer toujours horizontalement; elle est percée par le fondeur, au niveau de la sole, lorsqu'il veut couler la gueuse.

213. — La dame étant préparée, on retire la plaque placée à l'intérieur pour soutenir le sable dont on fait sécher la surface en attirant sur le devant quelques charbons enflammés. — On garnit tout l'intérieur de l'avant-creuset d'une couche de fraisil humide dont l'effet est d'empêcher la première fonte qui arrive d'adhérer au sable qui n'a pas encore acquis une température égale. C'est ce travail que les fondeurs appellent *mettre les faisins.*

La dernière opération avant de souffler, consiste à remplir le creuset de plusieurs resses de charbon serré avec force sous la tympe pour ne pas laisser un trop libre passage à la flamme.

Toutes les préparations nécessaires pour la pose de la dame, la mise des fraisils, etc., doivent être conduites avec la plus grande activité. Il est important qu'on puisse donner le vent au fourneau, quelques charges avant l'arrivée du minerai qui, dans le cas contraire, tomberait non fondu sur la sole et donnerait à la première coulée, de la fonte blanche.

214. — Voici pour un fourneau de 8 à 10 mètres de hauteur, comment on pourrait régler en commençant, les premières charges en minerais, de manière à arriver à la marche ordinaire :

4 charges de	0,$^{hect.}$36^{litres}	de minerais et	5,^{hect}76^{litres}	de charbons.
8 — » —	0, — 54	— »	— »	»
8 — » —	0, — 72	— »	— »	»
8 — » —	0, — 81	— »	— »	»
8 — » —	0, — 90	— »	— »	»
4 — » —	0, — 99	— »	— »	»
16 — » —	1, — 08	— »	— »	»
30 — » —	1, — 17	— »	— »	»
16 — » —	1, — 26	— »	— »	»
30 — » —	1, — 30	— »	— »	»
16 — » —	1, — 35	— »	— »	»

En relevant le chiffre total de cette consommation on pourrait s'assurer que pour fondre 172$^{hect.}$ 70^{litres} de minerais jetés au fourneau en 146 charges, il a fallu 840^{hect} 96^{litres} de charbon, quantité énorme, mais inévitable à toutes les mises en feu.

Il est bien évident que le mode de chargement que nous venons d'indiquer peut être singulièrement changé d'après l'allure du fourneau, avant qu'on ait commencé à souffler et pendant les premiers jours qui suivent la mise en feu.

Le fourneau dont nous venons de donner la première semaine de roulement, environ, avait été séché pendant quarante huit heures avec du bois et de la

tourbe. On l'avait rempli ensuite avec 220 hect. de charbon et 29 hect. de tourbe mêlés aux premières charges de charbon. On avait eu soin de jeter 6 à 8 litres de castine sur chacune des dix charges de 5 h. 76 de charbon qui précédaient le minerai, et on avait fait huit grilles quand le vent fut donné six jours après qu'on eut commencé le séchage. — Au moment de souffler, la température du fourneau était très-élevée, et elle augmenta les jours suivants pendant lesquels on coula de la fonte chaude quoique très noire.

215. — La manière de disposer la mise en feu dépend entièrement de la volonté des personnes chargées de la conduite des hauts fourneaux. Parmi tous les moyens à adopter, on doit évidemment s'arrêter à ceux qui présentent le plus d'économie sous le rapport des matières premières, et bien plus encore à ceux qui donnent les meilleurs résultats. Pour indiquer de quelle manière on peut procéder dans des cas semblables, nous mettons en regard deux mises en feu du même haut fourneau dont à chaque fois les étalages et l'ouvrage avaient été seulement refaits à neuf. — Nous laissons nos lecteurs libres de tirer telles inductions qu'ils jugeront convenables(1).

Mise en feu A.

On a brûlé en 45 heures, 228 fagots, et ensuite, en 49 heures 1200 kilog. de houille.

Pour remplir le fourneau, après l'avoir échauffé avec les combustibles précédents, on a mis :

70 rasses de charbon pesant. .		1400 k^os^ charb.
2 charges formant	64 k^os^ minerais et	200 — » —
3 — » — » —	96 — » — » —	300 — » —
6 — » — » —	384 — » — » —	600 — » —
10 — » — » —	1280 — » — » —	1600 — » —
Il a été mis jusqu'au tire-palle.	1924 k^os^ minerais et	4000 k^os^ charb.
Pour arriver à la 1re coulée, on a fait 20 charges représentant. . . .	1800 k^os^ minerais et	2000 k^os^ charb.
On a donc chargé jusqu'à la 1re coulée.	3714 k^os^ minerais et	6000 k^os^ charb.

Mise en feu B.

On a brûlé en 60 heures, 810 fagots et ensuite en 15 heures 510 kilog. de houille.

Pour remplir le fourneau après l'avoir échauffé avec les combustibles précédents, on a mis :

120 rasses de charbon pesant.		2400 k^os^ charb.
16 charges formant	512 k^os^ minerais et	1600 — » —
3 — » — » —	144 — » — » —	200 — » —
Total. . .	656 k^os^ minerais et	4200 k^os^ charb.
On a chargé jusqu'au tire-palle.	820 k^os^ minerais et	1100 k^os^ charb.
Pour arriver à la 1re coulée, on a fait 27 charges représentant. . .	2832 k^os^ minerais et	2700 k^os^ charb.
On a donc chargé jusqu'à la 1re coulée.	4468 k^os^ minerais et	8100 k^os^ charb.

(1) Notre but, autant que possible, est de livrer des faits. Il nous serait souvent difficile de les commenter, sans entrer dans de longues explications qui éloigneraient le but où nous voulons atteindre, savoir : donner un recueil complet des opérations de la fonderie, sans pourtant faire un ouvrage trop volumineux et par suite d'un prix trop élevé pour la plus grande partie des lecteurs auxquels nous le destinons.

Mise en feu **A.**

Les dépenses de cette mise en fen se sont élevés à

228 fagots à 12 fr. le °/₀.	27 fr.	36 c.
1200 k^os de houille à 50 fr. les ⁰⁰/₀₀ k^os.	60	00
6000 k^os de charbon on 15 B^es à 35 fr. .	525	60
3714 k^os de minerais ou 5 Q^ux 30 à 8 fr.	42	40
Total.	654 fr.	76 c.

Mise en feu **B.**

Les dépenses de cette mise en feu se sont élevées à :

610 fagots à 12 fr. le °/₀.	97 fr.	20 c.
510 kilos de houille à 50 fr. les ⁰⁰/₀₀ k^os. .	25	50
8100 kilos de charbon ou 20 B^es 25 à 35 fr.	708	75
4406 kilos de minerais ou 6 Q^ux 38 à 8 fr.	51	04
Total.	882 fr.	49 c.

La mise en feu B a donné des résultats beaucoup meilleurs que la mise en feu A. Elle a duré plus de tems parce qu'on a brûlé plus de fagots qu'il n'était nécessaire, en attendant que les dispositions de la tympe et des tuyères à ean fussent achevées. Peu de jours après la mise en feu A on fut forcé de réduire la charge en minerais, que la chaleur factice reconnue dans l'ouvrage après la première coulée, avait fait d'abord porter trop haut. — Les premières coulées de la mise en feu B, au contraire, atteignirent une température toujours croissaute qui permit d'augmenter successivement les charges en minerai, celles en charbon portées à 100 kilog. dans chaque roulement, restant d'ailleurs toujonrs les mêmes. — On n'avait fait qu'une seule grille pour la mise en feu A, comptant snr l'effet des 1200 kilog. de houille brûlés dès le commencement; mais pour la mise en feu B on brûla moins de houille et on fit 6 grilles, ce qui réussit mieux à chauffer l'ouvrage. C'était là le point essentiel à obtenir, et on ne dut pas regretter le surcroît de dépenses de la deuxième mise en fen sur la première.

216. — *Travail pour la coulée.* — Dans les premiers jours de roulement, on ne doit couler que lorsque le creuset est entièrement plein; c'est la meilleure manière de l'échauffer promptement.

Dans les fourneaux en moulages, il est rare que les premières coulées soient employées autrement qu'à fonrnir des sapots de fonte noire pour la deuxième fusion. Il serait peu avantageux, ponr l'allure des hauts fourneanx, que cette fonte fût destinée aux mouleurs, et nous ne conseillerions cette disposition aux directeurs d'usines, qu'autant qu'elle serait exigée par l'exécution de commandes arrièrées et non susceptibles de retard. Cette circonstance se reproduit souvent dans les hauts fourneaux qni ne sont pas aidés de fours à refondre et dont la mise hors interrompt le travail des mouleurs. Aussi existe-t-il aujourd'hui peu d'usines en première fusion qui ne possèdent au moins un cubilot ou wilkinson.

217. — L'inconvénient d'ntiliser pour le monlage, la fonte des premières coulées est une chose des plus faciles à comprendre; en effet, cette fonte ordinairement épaisse, noire et souvent recouverte de graphite, ne conviendrait que pour un très petit nombre d'objets ne demandant ni exécution soignée, ni précision, ni même solidité, et pour la modifier, il faudrait abuser de la température factice du fourneau après la mise en feu, en ajoutant à la charge une plus forte proportion de minerais que celle voulue d'abord. On pourrait à la vérité (et

cela n'aurait pas lieu toujours) obtenir par ce procédé deux ou trois coulées de fonte assez chaude et propre à couler toutes pièces, mais on remarquerait bientôt un refroidissement sensible; et afin de prévenir un dérangement inévitable, on devrait ramener la charge à son état primitif. De là, retard dans la marche du fourneau et quelquefois une ou deux coulées de fonte blanche, si la réduction de la charge n'a pas été faite à propos.

218. — Le tems qui s'écoule entre l'instant où l'on a commencé à souffler et celui où l'on coule pour la première fois, dépend principalement de la quantité de vent lancé dans le fourneau et de la grandeur de l'ouvrage.

Quelques heures après la mise en train, lorsqu'il recounait aux tuyères et par le soulèvement de la couche decharbon qui recouvre l'avant-creuset, la présence dans l'ouvrage d'une certaine quantité de métal en fusion, le fondeur fait usage du ringard pour sonder l'ouvrage dans toute sa longueur et ouvrir un passage aux laitiers en dégageant les matières durcies attachées aux costières et au-dessous de la tympe. — Pour ne pas trop refroidir l'avant-creuset et pour faciliter l'écoulement des laitiers, il est essentiel que le vent ne soit pas interrompu pendant cette opération que les fondeurs appellent *relever devant*.

Quand les scories viennent garnir l'avant-creuset, on les recouvre de quelques pelletées de fraisil, afin d'en arrêter le durcissement. Le travail du fondeur se borne alors principalement, jusqu'à l'heure de la coulée, à entretenir un écoulement constant, en dégageant avec le *crochet* (fig. 22 pl. 5) les matières figées sur la dame.

Le travail que nous venons de décrire offre beaucoup plus de difficultés dans les fourneaux à coke à cause de la viscosité des laitiers. On est fréquemment obligé de nettoyer l'avant-creuset à l'aide d'énormes ringards conduits par plusieurs ouvriers et de hâler les laitiers souvent tenaces et gluants au moyen de la pelle et du crochet qui les enlèvent par morceaux durcis ou *crottes*.

219. — Peu de tems avant la coulée, le fondeur enfonce de nouveau et à plusieurs reprises jusqu'à la rustine, son ringard qu'il retire en le promenant d'une costière à l'autre. Cette opération a pour but de provoquer la sortie de tout le laitier contenu dans le creuset et de faire descendre la charge suspendue au-dessus des tuyères, afin d'éviter son irruption dans le bain, au moment de la coulée.

Cela fait, il laisse souffler pour quelques instants encore, dans le but de réchauffer la surface de la fonte qui a été découverte au moment de l'écoulement du laitier.

Il arrête ensuite le vent, et après avoir dégagé les costières avec le ringard, il enlève à l'aide du *cramoir* ou *crémoir* (espèce de crochet plat et large) les charbons et le laitier qui nagent sur l'avant-creuset.

Lorsque celui-ci est parfaitement nettoyé, et quand le métal est mis à découvert, le *bouchage* est placé sous la fausse tympe pour retenir les matériaux dans

l'arrière creuset. — Le bouchage est fait en laitier ou en terre d'herbue; il a le plus souvent la forme d'un cylindre dont la longueur est proportionnée à la largeur de l'ouvrage. On emploie quelquefois une plaque en fonte garnie de terre bien séchée, et cette plaque est maintenue sous la tympe au moyen d'un long manche en fer.

220. — Le bouchage étant mis en place, les ouvriers viennent tour à tour puiser la fonte dans l'avant-creuset avec des poches ou cuillers en fer qui sont garnies ou retorchées à l'intérieur comme à l'extérieur, avec une couche composée d'un mélange de terre argileuse et de crottin de cheval. Jusqu'alors on a fait ces poches peu profondes et on les a rehaussées par un boudin de terre aplati en biseau vers les bords. — Ce système est très défectueux en ce sens que les bords ayant été trop recuits au feu ou étant faits avec un mélange de terre peu solide, se cassent souvent et font perdre beaucoup de fonte en coulant; ou bien encore si la poche n'a pas été suffisamment séchée, la fonte y bouillonne longtems, se répand à travers l'usine par grains ou globules et entre avec peine dans les moules à la réussite desquels elle est toujours nuisible quand elle est mal versée.

Pour éviter, outre la perte de la fonte et celle des moules, les nombreux accidents qui menacent les ouvriers, nous conseillons d'établir les poches en fer assez profondes pour qu'on puisse se passer des boudins en terre et les retorcher en les trempant dans une pâte liquide faite avec du sable maigre ayant déjà servi au moulage. — Lorsque la coulée a lieu par d'autres moyens que nous indiquerons, et lorsque l'ouvrier n'a pas besoin de plonger sa poche dans la fonte pour l'emplir, on se sert avantageusement de poches en fonte ordinairement moulées sur un modèle de marmite de la grandeur voulue et assujéties à un manche en fer au moyen de deux rivets ou de deux boulons. Ces poches sont retorchées comme celles en fer, et chaque ouvrier est tenu de s'en approvisionner, lorsque par accident, il a fondu ou cassé la sienne.

221. — Quand l'ouvrage est vidé, le fondeur avec l'aide d'un de ses chargeurs, retire le bouchage, en se servant d'une *griffe* ou pince à deux branches recourbées. — Puis, il ramène les matériaux dans l'avant-creuset qu'il achève de remplir, comme nous l'avons déjà indiqué, avec un mélange de braise et de laitier bien serré sous la tympe. — Le charbon qui est retiré avec les scories pendant le travail au ringard et pendant le *cramage*, convient parfaitement (quand on a soin de l'éteindre et de l'amasser) pour boucher après la coulée.

222. — Le mode de couler en *cramant* est le plus anciennement usité dans les fourneaux en moulages. Il offre l'avantage important de ne pas dénaturer et de ne pas refroidir la fonte en la conservant dans son foyer naturel, mais il présente des inconvénients nombreux dont les principaux sont :

1° La perte des matériaux (minerais et charbon) qu'on retire pendant le *coup* de ringard qui précède la coulée et pendant le cramage.

2° Le refroidissement de la partie du creuset mise à découvert.

3° Le retard apporté dans la marche du fourneau, pendant le tems que dure la coulée, puisque la machine soufflante ne fonctionne pas. Ce retard ne dure pas moins d'une demi-heure, quelle que soit la célérité apportée aux différentes opérations, si la fonte doit être partagée entre vingt-cinq ou trente mouleurs.

4° Le bouleversement qui a évidemment lieu dans les charges quand on recommence à souffler.

Toutes ces circonstances ont déterminé les diverses applications que nous allons détailler, et qui malgré les avantages qu'elles peuvent présenter, ne résument pas encore l'ensemble d'économie et de régularité qu'on doit se proposer.

223. — Le *creuset puisard* est une capacité cylindrique construite en briques ou en sable, communiquant avec l'avant-creuset et placée sur l'un des côtés de la dame. Le métal s'y rend au fur et à mesure de sa fusion, et il peut y être puisé à toute heure par les ouvriers mouleurs, suivant les besoins de l'usine. Cette méthode qui éviterait tous les inconvénients dont nous avons parlé et qui permettrait de couler à volonté (chose précieuse pour le fabricant) a le vice de refroidir en la transportant dans un autre foyer, la fonte qui, bien qu'on ait soin de la recouvrir d'une épaisse couche de fraisil, n'est pas à l'abri des atteintes de l'air extérieur. — Ce vice subsiste d'une manière bien plus évidente lorsque par l'allure du fourneau, la fonte est déjà louche et très-grise à son arrivée dans le creuset. Quel que soit d'ailleurs l'échauffement préalable donné au puisard, il demeure certain que la perte de température occasionnée par la transmission du calorique à travers les couches voisines d'un nouveau foyer et par le contact de l'air ambiant, ne peut pas être compensée d'une manière suffisante par le renouvellement de chaleur que peut fournir le produit de chaque charge qui descend.

224. — Nous avons essayé plus récemment, un creuset puisard de nouvelle espèce, pour lequel est breveté M. *H. Durot*, ancien directeur des fonderies de *Bussy*, près Joinville (Haute-Marne).

Ce creuset puisard indiqué par les fig. 8 et 9 de la pl. 6 est en fonte; on le place sur le côté de la dame comme le creuset précédent. L'ouverture *a a* qui règne dans toute la hauteur, communique avec l'avant-creuset; elle est bouchée par un mélange d'argile et de crottin de cheval battu en pisé. La rigole *b* doit servir à faciliter le passage du ringard lorsqu'on perce le bouchage *a*. L'orifice *c* est établi pour qu'on puisse vider entièrement le creuset quand la coulée est terminée. Toute l'enveloppe en fonte, à l'exception de l'ouverture *c* peut être garnie d'une masse de sable solidement damée jusqu'à la hauteur des bords. L'intérieur est retorché comme on retorche les poches, et enduit d'une couche de poussier de charbon de bois délayé dans l'eau avec une petite quantité d'argile. On le

sèche avec des laitiers. — Il est bon de placer le fond du creuset puisard à douze ou quinze millimètres au-dessus de la sole, afin de le garantir des scories. A cette occasion, nous insisterons de nouveau, quoique nous ayons déjà indiqué cette précaution (178), sur le besoin de laisser toujours, quel que soit d'ailleurs le mode de coulée, une légère couche de fonte dans le fourneau. Au cas contraire, les scories viendraient se coller sur le fond d'où il serait très difficile de les enlever. — Si lorsqu'on veut couler, on perce le bouchage avec un petit ringard, la fonte arrive alors dans le puisard au niveau de celle qui reste dans l'avant-creuset, et on la puise avec des poches, avant même qu'elle ait pris ce niveau. — Quand à la fin de la coulée, le laitier arrive dans le creuset, on bouche le trou de communication avec un tampon de terre ou de sable humide, et il ne reste plus qu'à ouvrir le trou d'épuisement *e* pour recevoir dans une poche, les quelques gouttes de fonte qui restent au fond.

Cette opération faite, on retire le laitier et les grains de fonte qui s'attachent ordinairement au bouchage *a*. On remet ensuite un peu de terre molle collée sur celle qui reste, pour remplacer celle qu'on a enlevée aux environs de la coulée en la perçant. Cette précaution facilite la percée à une autre coulée; en empêchant le bouchage de se durcir par trop, ce qui arrive quelquefois. Dans ce dernier cas, il est bon de garnir la partie *a* en dedans du fourneau avec une poignée *d'emselot* (battiture de fer qui tombe de l'enclume des forgerons) ou bien de mettre un nouveau bouchage.

Les bouchages durent environ quinze jours à trois semaines. Lorsqu'il s'agit de les remplacer, on arrête le vent et on crame l'avant-creuset (220, 221) quoique prenant la fonte dans le puisard.

Pour deux causes, il est bon de garder l'avant-creuset de la grandeur ordinaire : 1° afin de pouvoir cramer lorsqu'on vent mettre un bouchage neuf; 2° afin de pouvoir relever devant plus facilement. Quand la coulée au creuset puisard est terminée, le fondeur débarrasse le devant du fourneau des laitiers qui y sont demeurés attachés, et le bouche comme à l'ordinaire. Il suffit alors de suspendre l'action de la soufflerie pendant 4 ou 5 minutes au plus.

225.— Quoiqu'il ne soit pas exempt de défectuosités, le procédé de M. Durot est préférable à celui dont nous venons de parler (223). — Nous devrons cependant faire observer que :

1° Le fondeur rencontre quelquefois des obstacles inouïs pour percer le trou de la coulée, surtout quand la fonte est peu chaude. Si au contraire, la température est très-élevée dans l'avant-creuset, le bouchage se ronge vers sa base et la fonte arrive inopinément dans le puisard.

2° Lorsqu'on ne veut pas employer toute la fonte contenue dans l'ouvrage, il est difficile de préciser la hauteur à laquelle on doit percer le bouchage.

3° La fonte qui ne forme jamais une masse homogène dans l'avant-creuset est

souvent claire dans les couches inférieures et grise dans les couches supérieures. Il suit de là que le mélange, ne pouvant pas se faire dans le pulsard dont la capacité est bien moindre que celle du creuset du haut fourneau, les premiers ouvriers qui coulent ont la meilleure fonte, et la nature de la fonte doit être très grise et la plus mauvaise dans le cas contraire.

4° Le passage de la fonte d'un foyer qui lui est propre dans un lieu d'une température bien inférieure, et la continuité du jet qui présente constamment de nouvelles surfaces au contact de l'air extérieur, amènent un refroidissement évident. Ce dernier inconvénient est commun avec tous les systèmes de coulées qui tendent à transposer la fonte plusieurs fois.

226. — On a adopté et on conserve encore dans plusieurs hauts fourneaux en moulages, la *coulée à la percée.*

La dame est remplacée par une plaque transversale qui est fixée aux mureaux par quatre forts boulons et qui garnit le devant de l'ouvrage. Cette plaque est percée vis-à-vis l'avant-creuset, d'un trou rectangulaire d'environ 0,25 sur 0,15. On garnit d'une épaisseur de sable d'ouvrage la partie qui regarde dans le fourneau, et on remplit l'ouverture avec de la terre de bouchage. Une petite plaque portant trois trous d'un diamètre de 0,02 à 0,03 disposés sur une même ligne verticale, vient, en s'ajustant sur la traverse au moyen de quatre goujons à clavettes, fermer l'ouverture rectangulaire dans laquelle elle emboîte par un rebord saillant de cinq millimètres environ. Cette plaque s'appelle *plaque de gentilhomme.*

Au moment de la coulée, le fondeur perce successivement les trois trous, en commençant par celui du haut, et les ouvriers se présentent à leur tour pour recevoir la fonte dans leurs poches.

Après la coulée, la plaque de gentil-homme est retirée provisoirement, et l'on répare le bouchage en enlevant les scories et la fonte qui restent dans les trous où il est nécessaire de rapporter du sable. Le devant du fourneau est nettoyé et bouché comme toujours. La fig. 7 pl. 6 représente la grande plaque qu'on appuie sur les mureaux, et la fig. 7 *bis* la plaque de gentil-homme.

Nous ne nous étendrons pas sur les inconvénients de la coulée à la percée, qui sont à peu de choses près, les mêmes que ceux dont nous avons parlé 223-225 lorsqu'on emploie les creusets puisards.

227. — Nous indiquerons rapidement pour terminer nos détails sur les différents procédés employés jusqu'à présent pour la coulée des hauts fourneaux en moulages, l'essai fait par M. *Corbin* au haut fourneau de *Cheminon* (Haute-Marne). On fit usage d'un creuset pulsard à transposition continue, sur lequel on plaça un petit fourneau cylindrique en tôle, d'une hauteur de 1 m. environ. Ce petit fourneau qui était garni à son intérieur d'une enveloppe en sable d'ouvrage, recevait le vent par une buse de deux centimètres de diamètre. On y fon-

dait au coke 250 à 300 kilog. par vingt-quatre heures, en menues fontes ramassées dans l'usine. La fonte produite venait se mélanger dans le creuset puisard avec celle du haut fourneau. A l'heure de la coulée, on enlevait à l'aide d'une petite grue, le wilkinson portatif, et la fonte était recueillie avec les poches dans le puisard mis ainsi à découvert. Soit que ce système présentât devant le fourneau, un attirail gênant et d'un entretien dispendieux, soit qu'on ait pris en considération toute autre raison que nous ignorons, cet essai n'a pas été prolongé.

228. — *Manière de charger et composition des charges.* — Les charges sont mesurées au gueulard par la profondeur du vide qu'elles laissent. — L'ouvrier chargeur doit avoir bien soin de s'assurer de cette profondeur au moyen de la *sonde* ou barre de fer courbée à angle droit, et dont le côté de l'angle qui plonge dans le fourneau a juste la hauteur d'une charge.

Il est extrêmement préjudiciable à la marche d'un fourneau de laisser les charges descendre sans être maintenues régulièrement au niveau du gueulard. Lorsque le vide est devenu tellement profond qu'une charge ne suffit plus pour le remplir, le chargeur n'est plus maitre de son travail, et rien n'empêche le charbon de suivre une direction opposée à celle du minerai. Une trop grande quantité de matière introduite à la fois dans le fourneau ne tendrait d'ailleurs qu'à le refroidir.

229. — Il est difficile de charger les charbons au poids, parce que leur porosité les soumettant à l'influence de l'atmosphère, rend leur degré d'humidité extrêmement variable. On les charge dans la plupart des fourneaux de notre connaissance par *rasses* ou paniers de forme ellipsoïdale (72, 73). L'ouvrier chargé du remplissage des rasses a soin de compenser pour chacune d'elles, les quantités de charbon dur et celles de charbon tendre, les quantités de charbon menu et celles de gros charbon. Et, quand on a affaire à un bon remplisseur, il est rare de trouver une variation sensible entre deux charges de charbons de quatre à cinq rasses chacune. Lorsqu'on peut disposer d'une balance assez vaste pour peser toute la charge, et lorsque les charbons sont maintenus à couvert et toujours à peu près dans le même état de siccité, il est facile de vérifier le remplissage en faisant concorder à la fois le poids et le volume. Ordinairement, par exemple, dans les fourneaux qui chargent à cinq rasses, la charge contient environ 4 hect. 50 pesant 103 à 105 kilog. de charbon mêlé (mais plutôt dur que tendre), et l'on porte ces 5 rasses en consommation pour 100 kilog.

230. — Le minerai est introduit dans le fourneau avec de petites caisses en bois ou en tôle, appelées *baches* (72) dont nous donnons le dessin fig. 24 pl. 5.

Il est encore moins commode de bien déterminer la manière de charger les minerais au haut fourneau, que celle de charger les charbons. En chargeant au volume, on court le plus grand risque de déranger la marche du fourneau, le poids des minerais variant avec la température et l'état de l'atmosphère. Nous avons été à même de nous convaincre qu'un bache de 15 litres de mine prise sur

le parc à son état ordinaire pesait 1/12 de plus qu'un semblable bache de mine gelée; qu'un bache de minerai mouillé de manière à adhérer quelque peu à la main en le serrant dans les doigts, pesait 1/10 de moins qu'un pareil bache de minerai très sec; qu'en général et à cette dernière exception près, le minerai est d'autant plus lourd qu'il est plus imbibé d'eau. Ces observations subsistent pour les minerais en grains ou en poussières, mais on peut s'assurer que les minerais en roche ont de leur côté, l'inconvénient de former des caves, de remplir mal les baches, etc., etc. — D'après ces considérations, on concevra qu'il est plus avantageux pour obtenir des charges constamment égales, de préparer les minerais dans des mesures d'une capacité quelconque, et de peser toute la charge sur une balance d'où on l'enlève pour la jeter au fourneau. Nous conclurons donc en disant que le pesage des minerais avant de les charger, est une chose indispensable; mais pour que cette précaution présente des avantages réels, il est toujours bon d'éviter, autant qu'il est possible (et cela d'ailleurs, est utile pour obtenir une allure régulière) l'emploi des minerais trop secs ou trop mouillés. En effet, on ne saurait assez apprécier, comme nous le ferons voir quelques pages plus loin, la nécessité de maintenir les minerais à un degré d'humidité convenable, et on gagnerait beaucoup si l'on pouvait les conserver sous des endroits couverts.

231. — Dans les fourneaux où l'on ne mêle pas les minerais avant de les charger, il faut avoir soin de les étendre également sur la charge de charbon qui se met toujours la première. On les fait aussi précéder du fondant qu'on a soin de répandre d'une manière uniforme.

Lorsqu'on emploie différentes espèces de minerais, il est plus régulier de les mêler avec le fondant, avant qu'ils soient jetés au fourneau. Pour cela, on les dispose sur l'emplacement qui environne le gueulard, par couches et en proportions voulues. L'ouvrier qui est chargé de les relever en un seul tas, ne doit pas négliger, en exécutant ce travail, de trancher sur toute la hauteur des lits. On prépare ainsi du mélange pour autant de charges que le permet l'emplacement.

232. — Dans quelques usines, les charbons et les minerais sont introduits dans le gueulard, par des caisses cylindriques en bois ou en tôle qui contiennent, l'une la totalité de la charge en charbon, l'autre la totalité de la charge en minerais. Le fond de ces capacités s'ouvre comme le couvercle d'une tabatière, quand on a retiré les clavettes qui le soutiennent. Soit qu'on les suspende au-dessus du fourneau au moyen d'une grue ou d'un palan, soit qu'on les transporte au niveau du gueulard en les supportant sur des roulettes, la charge est toujours projetée en masse dans le fourneau. On concevra que cette disposition est principalement avantageuse pour les fourneaux de grandes dimensions, où l'on est obligé de faire les chargements sur plusieurs faces.

233. — On a l'habitude de charger toujours la même quantité de charbon et

de ne faire varier que la dose du minerai. Cet usage doit être adopté, parce que les charbons formant la majeure partie du volume de la charge, ne peuvent être ajoutés ou retirés sans diminuer sensiblement ce volume qui, une fois déterminé d'après la capacité du fourneau, ne peut subir d'importants changements sans altérer les résultats. — Les charges d'un trop fort volume refroidiraient les parties supérieures de la cuve et augmenteraient la consommation du charbon par rapport à la quantité de fonte produite. — Les petites charges présenteraient le même inconvénient occasionné alors par les chutes et les éboulements que produirait le minerai en les traversant après les avoir déplacés (1). Il suit de là, que dans deux fourneaux de même capacité, le volume des charges est susceptible d'augmentation pour celui où le charbon est plus léger et où le minerai est plus pesant et d'une forme plus arrondie.

234. — Les volumes des charges de charbon de bois, tels qu'on les a adoptés dans nos hauts fourneaux en moulages, varient entre 4 hect. 50 et 5 hect. pour les fourneaux de 8 à 13 mètres d'élévation, et entre 4 hect. et 4 hect. 50 pour les fourneaux au-dessous de 8 mètres.

Nous avons essayé pendant un train entier d'un fourneau de 11 m. de hauteur, de réduire à 4 hect., le volume des charges en charbon, porté jusqu'alors à 4 h. 60, et nous avons remarqué, outre les dérangements plus fréquents du fourneau, une augmentation constante dépassant de 1/5ᵉ la consommation ordinaire du charbon par rapport à la quantité de fonte produite.

235. La masse de vent donnée au fourneau et la température du foyer déterminent la quantité de charges qui peuvent descendre par vingt-quatre heures. C'est par cette raison que tous les fourneaux font beaucoup plus de charges lorsqu'ils sont en pleine marche que dans les premiers jours qui suivent la mise en feu. Il arrive souvent aussi que la descente des charges est ralentie par suite d'un engorgement produit par l'emploi de matériaux mouillés ou par la chute de quelques parties des parois. Il est facile de s'apercevoir de ces engorgements par la nature de la fonte qui demeure très-grise pendant quelques jours. Pour les faire cesser, on n'a pas d'autre ressource que d'augmenter la force du vent et de travailler au ringard.

236. — *Distribution de l'ensemble du travail.* — Dans tous les fourneaux en marchandises, on fait deux coulées par vingt-quatre heures. Les ouvriers mouleurs doivent préparer leurs moules et faire sécher leurs poches sur les laitiers, en ayant soin de s'y prendre deux ou trois charges avant la coulée.

(1) Les fondeurs disent dans cette circonstance, que le minerai crible. Un inconvénient semblable a lieu, lorsque les minerais en grains sont très-secs, lorsque ceux en roches sont concassés en trop petits fragments, lorsque les charbons sont tendres et friables, etc., etc.

Le travail de ces fourneaux est partagé entre un *maître fondeur* et un *petit fondeur* ou *garde*. L'intervalle d'une coulée à l'autre est divisé en deux tournées de chacune six heures. Le maître fondeur se charge habituellement de la tournée qui précède la coulée dont la préparation réclame tous ses soins.

L'entretien du gueulard est confié à deux chargeurs qui se relèvent par tours comme les fondeurs sous la surveillance desquels ils sont d'ailleurs placés. Chaque chargeur est tenu d'indiquer par le tintement d'une cloche ou en frappant sur une plaque de fonte suspendue près du gueulard, le numéro de la charge qu'il va jeter au fourneau, afin de prévenir les mouleurs de l'approche de la coulée.

Les deux fondeurs et les deux chargeurs doivent être présents à toutes les coulées pour que toutes les opérations qui les précèdent et qui les suivent soient conduites avec la plus grande célérité. Dans un grand nombre d'usines, on les fait encore aider par les autres ouvriers dont le service se rattache au travail du haut fourneau, par exemple, par le *remplisseur*, par les ouvriers chargés du transport des matériaux au gueulard, etc., etc. — Il est essentiel aussi que les commis chargés de la fabrication et de la surveillance intérieure assistent à la distribution de la fonte entre les mouleurs, afin d'y apporter l'ordre nécessaire et de prévenir le gaspillage.

237. — *Machines employées à l'approvisionnement des gueulards.* — Les deux fondeurs et les deux chargeurs peuvent suffire pour la conduite d'un haut fourneau, lorsque les moyens de communication avec le gueulard sont faciles, et lorsque les matériaux sont à la portée des chargeurs (1).

Mais, lorsqu'on est forcé de faire l'approvisionnement du gueulard au moyen de machines (ce qui arrive souvent, parce qu'il est rare de trouver des emplacements où il est facile d'appuyer la masse du fourneau et d'établir des terrassements), il faut employer l'aide de plusieurs autres ouvriers dont le nombre est déterminé par la nature du mécanisme qu'on adopte.

Les gueulards des petits fourneaux sont approvisionnés par des grues, par des treuils et quelquefois par un simple système de poulies. — Le maniement de ces machines n'exige jamais plus de deux hommes.

L'approvisionnement des hauts fourneaux de grandes dimensions exige des mécanismes beaucoup plus compliqués.

---

(1) On voudra bien considérer que nous ne parlons ici que de hauts fourneaux au charbon de bois. Il est certain que les hauts fourneaux au coke dont les consommations sont beaucoup plus grandes, exigent pour être desservis convenablement, plus d'ouvriers que les fourneaux au charbon de bois.

Les matériaux sont conduits au gueulard du fourneau de Tusey par un appareil fort désavantageux selon nous, sous tous les rapports, c'est-à-dire, qu'il occupe beaucoup trop de place, que son établissement a coûté très-cher et que son entretien est fort dispendieux.

Cet appareil dont on trouve de semblables, principalement en Angleterre pour les grands hauts fourneaux au coke, se compose de deux tambours d'environ 0,60 de diamètre, dont les mouvements disposés en sens inverse font monter ou descendre, en enroulant ou en déroulant les chaînes qui les tiennent, deux wagons qui glissent sur les rails d'un long plan incliné. On charge les matériaux sur l'un des wagons, et pendant qu'il les monte au gueulard, l'autre redescend à vide. Le mouvement des tambours qui sont situés extrêmement loin de la roue motrice, est transmis par un très-grand arbre incliné et par des assemblages de roues coniques. La disposition de cet arbre, la multiplicité des roues d'angle, et par suite de nombreux frottements, occasionnent de

Mois de janvier — *ROULEMENT DU HAUT*

JOURS du MOIS.		HEURES des COULÉES.		QUANTITÉ DE CHARGES par coulées.	CONSOMMATIONS. CHARBON.		MINERAIS DE A.		B.		C.		TOTAL DES MINERAIS.		CASTINE.	
Jours.	Dates.	Soir.	Matᵉ		litres.	kilog.	litres.	kilog.	litres.	kilog.	litres.	kilog.	litres.	kilog.	litres.	kilog.
Dim.	1	6	»	18	7200	1800	1010	2000	005	1200	128	400	1753	3600	270	540
	»	»	7	17	6800	1700	1003	2000	610	1200	120	370	1733	3570	280	510
Lundi	2	7	»	21	8400	2100	1200	2400	850	1700	108	310	2153	4410	320	630
	»	»	7	13	5200	1300	810	1600	458	900	78	226	1343	2726	340	390
Mardi	3	8 1/2	»	19	7600	1900	1112	2200	710	1400	128	385	1950	3985	273	570
	»	»	7	13	5200	1300	800	1600	458	900	78	226	1336	2726	188	390
Mercr.	4	8	»	17	6800	1700	1808	2000	810	1200	125	380	1743	3560	250	318
	»	»	7	16	5400	1500	1010	2000	809	1200	108	320	1727	3520	243	480
Jeudi	5	7	»	13	5200	1300	809	1600	506	1000	92	260	1407	2860	187	390
	»	»	8	15	8000	1500	950	1900	338	1100	103	300	1613	3300	225	450
Vendr.	6	7	»	15	6000	1500	935	1900	580	1160	112	340	1647	3400	230	450
	»	»	9	18	7200	1800	1110	2200	728	1440	138	410	1970	4050	272	540
Same.	7	7	»	13	5200	1300	818	1600	510	1000	130	390	1456	2990	195	390
		»	7	13	5200	1300	800	1600	508	1000	135	390	1443	2990	208	390
				221	88400	22100	13393	26600	8300	16400	1587	4687	23282	47887	3465	6630

Récapitulation du travail de la semaine. — On a dépensé pour produire 1000 kilog. de fonte, 1075 kilog. de charbon ou 43 hect. 01 et 2320 kilog. de mines ou 11 hect. 33. — Le rapport des mines est de 43 pour °/₀. — La chargé a produit moyennement 93 kilog. de fonte.

continuelles réparations. — Tous les matériaux sont apprêtés et apportés au pied du plan incliné dont le service seul coûte 100 francs par mois.

Nous conseillerons donc de préférence, aux maîtres de forges, le transport des matériaux au gueulard, par l'action de deux chaînes sans fin qui se meuvent parallèlement, et entre lesquelles sont suspendus des plateaux mobiles et maintenus toujours par cette raison dans une position horizontale. — Au passage des plateaux, un seul ouvrier y dépose tour à tour les charbons et les minerais qui sont repris en haut par le chargeur. Les fig. 22 et 23 de la pl. 6 nous paraissent suffisantes pour donner une idée de cette machine, et au besoin pour en éclairer la construction.

238. — *Roulement des hauts fourneaux.* — Dans chaque usine, on signale jour par jour le travail du haut fourneau sur un livre de roulement dressé à cet effet. Nous donnons pour aider nos explications, la disposition d'un livre de ce genre.

FOURNEAU DE X. *1843*

PRESSION DU VENT au manomètre.	TEMPÉRATURE DE L'AIR CHAUD au thermomètre.	OBSERVATIONS.	PRODUITS. FONTES EN moulages divers.	saumons noirs.	saumons blancs et gueuses.	BOCAGES gris.	BOCAGES blanc.	POIDS RÉDUITS.
			kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
3 1/2	»	*Les buses ont 0,070 de diamètre.*	808	»	»	224	»	1032
3 1/2	»	*Fonte blanche par suite de chutes de mines*	926	»	130	»	306	1362
4	»	*et de refroidissement attribués au manque*	1231	»	250	»	205	1704
4	»	*de vent.*	701	»	»	503	»	1204
4	»		1457	»	»	454	»	1911
4 1/2	»	*On emploie des buses de 0,065 de diamètre.*	896	»	»	242	»	1138
4 1/2	»	» — » — » — » — » — »	1586	»	»	437	»	2023
4	»	*Les buses sont de nouveau changées pour*	1323	»	»	344	»	1667
4	»	*être mises à 0,070 de diamètre.*	1274	»	»	283	»	1557
4	140°	*Fonte grise due à l'emploi de l'air chaud.*	1311	85	»	188	»	1584
4	140	*idem. idem. idem.*	1093	65	»	154	»	1312
4	150		255	870	»	95	»	1220
4	170	*La fonte devient tellement noire, qu'il est*	933	360	»	285	»	1578
4	180	*difficile de couler des moulages.*	181	965	»	115	»	1261
			13995	2345	380	3324	509	20553

Bien que nous n'ayons donné que le roulement d'une semaine, on a l'habitude de rassembler toutes les opérations de chaque mois sur une même feuille et sous forme de tableau synoptique. Il est facile ensuite de faire des résumés autant de fois qu'on en sent le besoin pour s'éclairer sur le résultat du travail du haut fourneau. La colonne d'observations doit être tenue avec le plus grand soin, et si elle n'est pas suffisante on peut réserver dans le même but, le verso de chaque tableau mensuel. — On consigne dans cette colonne, des renseignements sur l'état de l'atmosphère, la marche de la machine soufflante, la nature et la couleur des laitiers, l'état des tuyères, la couleur de la flamme à la tympe et au gueulard, la nature des matériaux et des produits, les causes auxquelles sont dus les accidents qui surviennent pendant le travail. Au moment des mises en feu, on ajoute dans la même colonne toutes les données qui s'y rattachent, et principalement des croquis indiquant la forme et les dimensions des parties du fourneau qui sont réparées, le mode de séchage adopté, le nombre de grilles, la composition des premières charges, etc., etc. A la fin du roulement, on doit aussi ajouter une récapitulation générale donnant des détails sur les observations faites pendant la durée du train, sur les moyens probables qu'on devra employer à l'avenir pour obvier aux dérangements dans l'allure, sur les résultats obtenus avec tels ou tels mélanges de minerais et de fondants, sur la composition des charges qui ont amené les produits les plus avantageux, sur le maximum de charge auquel on est arrivé, etc., etc.

Lorsqu'un registre de roulement est tenu avec exactitude, c'est la chose la plus utile au maître de fonderies pour l'éclairer sur la valeur et sur les résultats de son exploitation. Par ce registre, il peut juger jour par jour, mois par mois, an par an, de la marche de ses opérations, et en consultant ses livres de fabrication, il lui est facile par suite de s'assurer d'une manière approximative, mais certaine, s'il marche avec bénéfices ou avec perte.

Au reste, il est certain que comme moyen de perfectionnements et d'améliorations, la colonne d'observations est de la plus haute utilité. C'est en comparant les résultats entr'eux, en les analysant, en les discutant, qu'on pourra arriver à rendre plus sûre et plus simple la marche des hauts fourneaux. La colonne d'observations est la suite de l'expérience, et jusqu'à présent on n'a pas trouvé d'autres moyens de conduire les hauts fourneaux que par l'expérience. En effet, pour traiter d'une manière certaine, les causes nombreuses qui produisent les fréquents dérangements de ces appareils, on ne peut raisonner que par hypothèse, en admettant tous les renseignements que fournit l'observation. Nous ne pouvons mieux indiquer notre opinion à ce sujet, qu'en disant (et on voudra bien nous passer cette comparaison) que la capacité d'un haut fourneau où luttent à la fois tant de matières exposées à la continuelle pression du vent et

soumises à l'influence de la combustion, est au fondeur qui la dirige, ce que le corps de l'homme est au médecin qui le soigne.

239. — *Devoirs des fondeurs et des chargeurs.* — Le premier devoir de l'ouvrier chargeur est l'exactitude qu'il apporte à ne laisser jamais au gueulard un vide de plus d'une charge.

Il doit aussi avoir soin de répandre les matériaux par couches bien uniformes, de faire rigoureusement les mélanges voulus, de remplir et de peser avec attention les baches de minerais, de répartir par portions égales dans les charges les rasses de menu charbon ou de charbon tendre, etc.,etc,

Le fondeur doit faciliter l'écoulement des laitiers en dégageant souvent la dame; surveiller la pression du vent au manomètre; nettoyer les tuyères quand elles sont menacées d'un engorgement produit par l'amas de matières non fondues qui viennent se figer sur le museau et arrêter le passage du vent; prévoir autant qu'il lui est possible les changements probables dans l'allure du fourneau, et prendre les mesures nécessaires pour prévenir ou pour éloigner les mauvaises coulées; ne travailler au ringard que dans les cas urgents; monter souvent au gueulard pour se convaincre que les chargeurs n'apportent aucune négligence dans leur travail, et s'assurer que les matériaux sont en bon état; faire varier la charge en minerais et en fondants quand les circonstances l'exigent, etc., etc.

C'est d'ailleurs au directeur d'usine à surveiller les fondeurs et les chargeurs et à s'assurer si leur travail est fait d'une manière exacte et régulière.

240. — Le fondeur ne doit employer le ringard que dans les circonstances suivantes :

1° Quand il relève devant.

2° Quand il prépare la coulée.

3° Quand l'ouvrage est embarrassé par le refroidissement des laitiers ou par des amas de matériaux.

4° Quand il veut en précipitant la descente de quelques charges, faire changer la nature de la fonte qui est trop noire et trop graphiteuse et la rendre propre à être versée dans les moules. Dans cette circonstance, il doit promener son ringard dans le fourneau, longtems avant la coulée, et éviter de le mettre en contact avec la fonte. Ce travail réussit quelquefois, mais souvent il rend la fonte plus *bourrue*.

241. — On doit éviter de laisser passer la flamme sous la tympe; c'est perdre une certaine quantité de chaleur et détruire plus rapidement le devant du fourneau; mais il ne convient pas non plus de boucher trop hermétiquement l'avant-creuset, à cause de la sortie des laitiers et de la température égale dans laquelle les costières doivent être conservées. Avant qu'on ait fait venir les laitiers jusqu'à la troisième ou quatrième charge après la coulée, le fourneau ne flambe pas du tout; mais après le travail, lorsqu'on a dégagé le devant, la flamme

commence à se faire jour. On arrête alors son expansion en bouchant l'avant-creuset le mieux qu'il est possible, et lorsque les matières (du vieux sable et des scories broyées) qui ont servi à boucher, sont figées ou durcies au point d'arrêter l'écoulement des laitiers, on doit les desserrer, les retirer et boucher de nouveau.

242. — *Outils et ustensiles des fondeurs et des chargeurs.* — Nous avons déjà indiqué, en expliquant le travail des hauts fourneaux, une partie des outils et ustensiles à l'usage des fondeurs et des chargeurs. Pour qu'on se rende bien compte de l'ensemble de ce matériel, nous allons le résumer en une récapitulation à laquelle nous joindrons les objets dont nous n'avons pas parlé jusqu'alors.

Les ustensiles nécessaires aux fondeurs et aide-fondeurs sont :

Une douzaine de ringards de différentes longueurs, variant entre 2 et 3 m. et en fer carré de 0,03 à 0,04 cent.; trois ou quatre de ces ringards doivent avoir leurs pointes garnies d'acier et trempées pour travailler dans le creuset lorsqu'on a des matières durcies à détacher. Par la même raison, il faut que quelques-uns de ces ringards, au lieu d'être pointus, aient leur extrémité terminée en biseau, comme la fig. 21 pl. 5. — Dans toutes les usines, on a deux ou trois jeux de ringards, afin que le service du fourneau ne souffre pas lorsque l'un d'eux est en réparation à la forge.

Deux crochets (fig. 22 pl. 6) pour tirer les laitiers.

Trois ou quatre pelles en fer avec de longs manches en bois.

Une massette en fer (fig. 20 pl. 6) pour nettoyer les ringards lorsqu'ils sont recouverts de laitier figé.

Un cramoir en fer (fig. 23 pl. 6) qui sert à nettoyer la surface du bain lorsqu'on prend la fonte dans le creuset.

Une griffe en fer à deux ou trois dents recourbées pour retirer le bouchage.

Un bache à eau pour refroidir les outils. — Ce bache est ordinairement alimenté par l'eau qui sort de la tympe ou des tuyères.

Un rouelle ou rable pour nettoyer le devant du fourneau. Cet outil, lorsqu'il est destiné à cet usage, est fait tout simplement en bois.

Une pelle ordinaire, une pioche, une bêche pour préparer le sable lorsqu'on coule des gueuses ou des saumons. — Et, pour le même emploi aussi, une charrue ou morceau de bois triangulaire fixé à manche de 1^{m} de longueur environ; cet instrument sert à tracer les rigoles où l'on enfonce les modèles de gueuses ou de saumons.

Enfin, deux ou trois seaux, un ou deux ringards en fer rond de 0,02 de diamètre à pointe un peu recourbée pour le service des tuyères, des bouchons fixés à leurs manches pour fermer le trou de coulée lorsqu'on lâche la fonte, etc., etc. Et outre ces outils, les deux battes fig. 16 et 17, les deux tranches ou racloirs fig. 18 et 19, une truelle, un marteau à tailler les briques ou la pierre, une auge pour préparer le mortier lorsqu'on remonte les ouvrages.

Les ustensiles mis en usage par les chargeurs, pour le service du gueulard, sont principalement des rasses ou paniers pour charger le charbon.

Des baches en tôle ou en bois (fig. 24 pl. 6) pour charger le minerai.

Une pelle en fer avec manche en bois et un fourgon en bois pour égaliser les charges.

Une balance ou bascule pour peser les charges.

Une planche noircie pour marquer à la craie ou au moyen de chevilles le nombre de charges de chaque coulée.

Une cloche ou une plaque de fonte suspendue pour sonner les charges, et aussi indiquer par un tintement plus prolongé, le moment de la coulée.

On conçoit du reste que le nombre ou les formes de ces outils peuvent varier suivant les habitudes des fondeurs, suivant les procédés employés pour le travail, etc., mais il est rare que ceux que nous avons indiqués ne se trouvent pas réunis pour le service des hauts fourneaux, service pour lequel ils sont en quelque sorte indispensables.

243. — *Nature des différentes fontes produites dans les hauts fourneaux.* — Avant d'aller plus loin, il est indispensable de dire quelques mots sur la nature des fontes produites dans les hauts fourneaux.

On peut distinguer dans la fonte de première fusion, les quatre variétés suivantes :

1° La fonte très-noire qui est destinée à la 2e fusion : cette fonte est à gros grains, tendre, très-tenace. Elle est lente à se figer au moment de la coulée; elle est un peu pâteuse; elle jette des étincelles bleues et une légère fumée; enfin elle est presque toujours couverte de graphite.

2° La fonte noire appelée aussi fonte grise avec laquelle on coule la vaisselle, les ornements, etc., etc. Cette fonte présente, lorsqu'elle est cassée, une texture granulaire plus mate que celle de la fonte très-noire; elle est très-tenace, facile à tourner et à polir. Elle présente en coulant quelques-uns des symptômes de la fonte précédente.

3° La fonte blanche qui n'est adoptée dans le moulage que pour les pièces qui doivent rester telles qu'elles sont sorties du moule, comme les poids d'horloge, les contre-poids, etc., etc. — Cette fonte est très cassante; elle résiste à la lime et au burin; elle a une cassure brillante, une texture cristalline; elle coule mal et se fige très-vite.

4° La fonte truitée qui comme la fonte blanche n'est employée qu'à la fabrication des pièces massives et brutes. — Cette variété de fonte qui peut être classée entre la fonte grise et la fonte blanche, se rapproche cependant beaucoup plus de cette dernière. Elle est un peu moins dure et moins cassante; l'acier trempé l'attaque difficilement. Sa cassure est brillante comme celle de la fonte blanche, mais elle est parsemée de points noirs.

De ces quatre variétés de fontes, la première n'est produite dans les hauts fourneaux en moulages, que comme nous l'avons dit, pendant les premiers jours qui suivent la mise en feu, et lorsque, par suite de causes que nous développerons plus loin, la température devient accidentellement très-élevée dans l'ouvrage.

La fonte blanche et la fonte truitée ne sont pas non plus des produits ordinaires pour le moulage; elles ne proviennent que d'un dérangement dans l'allure du fourneau. Quand on n'a pas de commandes qui permettent d'utiliser ces fontes en objets coulés, elles sont destinées à la fabrication du fer et vendues comme telles aux maîtres de forges qui s'occupent de cette spécialité.

La fonte grise qui est le produit cherché pour la fabrication des pièces moulées, varie quelquefois dans sa nature.

Si elle jette en coulant de nombreuses étincelles, si elle est d'une couleur jaune pâle, si elle est ridée à sa surface, c'est ordinairement l'indice qu'elle est *claire* et quelle sera dure à la lime. Cette fonte qui ne convient pas pour les pièces d'ajustage, remplit mal les moules des pièces de vaisselle; il arrive assez souvent, que ces derniers objets dont la surface est alors brillante et argentine, cassent à leur sortie du moule et même dans le moule.

Lorsque la fonte au contraire, sans être cependant très-noire, est épaisse et d'un rouge foncé; lorsqu'elle est pâteuse et couverte de graphite à sa surface, on dit qu'elle est *limailleuse*. — Cette fonte a aussi ses inconvénients; elle se refroidit promptement et ne reproduit pas entièrement les pièces dont elle engorge les jets, ou bien elle les remplit d'une grande quantité de limaille qui diminue leur solidité et les rend d'un aspect malpropre.

Les sableurs essaient d'éviter le premier cas en jetant du plomb dans les poches, pour rendre la fonte plus coulante; cette précaution est à peu près inutile, et on a remarqué qu'elle ne tendait qu'à précipiter une plus forte dose de graphite. Nous avons vu dans une circonstance semblable des ouvriers remuer vivement la fonte dans leur poche qu'ils posaient à terre et couler avec promptitude; cette opération qui avait pour but de ramener le graphite à la surface et de rendre la fonte un peu plus coulante, leur réussissait souvent.

Le second cas s'évite en arrêtant l'entrée de la limaille dans les moules, au moyen d'un morceau de bois appelé *crémoir*.

Quand les deux espèces de fonte dont nous venons de parler sont d'une température peu élevée, on dit qu'elles sont *louches* ou *bourrues*. Elles ne conviennent pas du tout alors pour couler la poterie, et bien peu pour les autres objets.

En somme, nous nous résumerons en disant que la fonte intermédiaire entre la fonte claire et la fonte limailleuse, est celle qui offre le plus d'avantages au fabricant.

245. — *Influence du vent.* — La pression du vent doit être réglée d'après la nature du combustible et d'après la grandeur de l'ouvrage. La pression qui

convient aux charbons de bois brûlés dans les hauts fourneaux est de 2 à 4 cent. (mesurée au manomètre à mercure) pour les charbons légers, et de 4 à 6 centimètres pour les charbons durs. Il est peu d'usines d'ailleurs, en France, où l'on n'emploie que des charbons tendres, et la pression généralement adoptée est fixée à 4 ou 5 centimètres. — On comprend du reste, que la pression en usage dans les hauts fourneaux doit être plus forte en raison de la plus grande hauteur de ces fourneaux et de la densité des combustibles. Pour du coke léger, elle varie entre 7 et 12 cent. de mercure; pour du coke dur et compacte elle peut aller jusqu'à 16 cent.; rarement elle dépasse ce dernier chiffre qui nécessiterait des machines soufflantes d'une grande puissance et des appareils de dimensions extraordinaires (1).

246. — Une grande masse d'air lancée sans pression dans un foyer très large ne donnerait qu'une fusion incomplète et qu'un mauvais produit. Dans les hauts fourneaux à moulages destinés à produire en plein roulement 1500 à 1800 kilog. par coulée, on peut au commencement d'un train donner à l'ouvrage le moins de capacité qu'il est possible, en conservant toutefois les rapports voulus entre toutes les parties du fourneau. Cette précaution a pour but de retarder l'agrandissement du foyer qui est toujours une cause de mauvaise allure, et qui finit par provoquer la mise hors, parce que la répartition du vent devient de plus en plus inégale.

Dans les fourneaux à deux tuyères, il est bon, pour conserver l'ouvrage, de ne souffler dans le principe qu'à une seule tuyère, et d'employer seulement l'effet de toutes les deux, lorsque le foyer commence à s'élargir. Nous avons essayé dans un semblable fourneau, de souffler pendant quinze jours avec une tuyère, puis de continuer pendant les quinze jours suivants avec la tuyère opposée. Toutes les fois que nous avons transporté le vent d'un côté à l'autre, nous n'avons pu éviter une coulée de fonte blanche qu'en réduisant la charge du minerai. — Quelles qu'aient été d'ailleurs nos précautions, nous avons été forcés d'admettre pour la fin du train, l'emploi des deux tuyères.

247. — On a généralement habitude de rétrécir les buses au fur et à mesure de la marche du fourneau.

Si l'on admet par exemple une buse de 7 à 8 cent. de diamètre lors de la mise en feu, elle devra être réduite après un mois ou deux de roulement à 5 ou 6 cent. de diamètre. Enfin quand l'élargissement de l'ouvrage deviendra plus sensible, on pourra diminuer encore ce diamètre de quelques millimètres.

---

(1) Il ne serait pas étonnant, par exemple, qu'un haut fourneau comme celui de Plymouth, alimenté par une machine soufflante de la force de 50 chevaux et ayant une hauteur totale de 14^{m} 70 avec un diamètre au ventre de 5^{m} 50, demandât du vent à la pression de 18 ou 20 cent de mercure. Mais, des fourneaux de cette dimension sont rares, et nous doutons qu'il soit avantageux d'établir de si grands appareils. Mieux vaudrait, à notre avis, employer la même force motrice à alimenter deux hauts fourneaux produisant ensemble plus que celui de Plymouth, sans dépense sensiblement plus grande de combustible et avec une marche plus régulière.

Ces différents changements qui seront favorables à l'effet de la machine soufflante, ajouteront à la pression qui doit être proportionnellement augmentée suivant la grandeur de l'ouvrage.

248. — Un air dont la pression est trop forte, brûle les charbons avec une vitesse nuisible à l'effet qu'ils doivent produire, et amène en les déplaçant, des inégalités dans la descente des charges. De là, mauvais produit, parce qu'une partie du minerai non réduit descend dans le creuset et parce que les charbons sont consommés inutilement.

Il arrive aussi qu'un vent très-rapide élève le point de fusion à une trop grande hauteur et refroidit l'ouvrage dans lequel son passage n'est plus assez sensible. — De là encore, mauvais produit, parce que le minerai fondu trop haut sera infailliblement affiné à son passage à la tuyère.

249. — Un vent qui n'a qu'une faible vitesse anéantit la température de l'ouvrage en n'opérant qu'une lente combustion; il tend à refroidir la cuve dans laquelle il ne peut vaincre la résistance des matières qui s'y pressent. Ces circonstances compromettent extraordinairement la situation du fourneau, parce que la fusion étant incomplète, les matériaux s'arrêtent non fondus devant les tuyères et produisent des engorgements dans le creuset.

De semblables accidents ne peuvent être détournés que par une augmentation considérable dans la vitesse du vent. Il est d'ailleurs, outre le cas particulier que nous venons de citer, maintes occasions où il suffirait d'augmenter l'effet de la machine soufflante pour sortir le fourneau d'une situation dangereuse. C'est pourquoi nous insisterons de nouveau, sur l'utilité d'employer des machines soufflantes bien construites et dont l'effet soit plus étendu que ne le demande théoriquement la consommation des hauts fourneaux (156, 157, 158).

250. — De ces deux principes que nous venons d'expliquer, qu'un vent trop faible et qu'un vent trop fort sont également nuisibles, il suit que, pour éviter de fréquents dérangements dans l'allure du fourneau, on doit surveiller avec soin les indications du manomètre, et éloigner ainsi toute irrégularité dans la pression, qui doit être déterminée pour un certain tems et qui ne peut être changée qu'après l'observation de circonstances nouvelles dans le travail de tous les jours.

251. — *Influence des minerais, des charbons et du fondant.* — De l'emploi des matériaux, se décide souvent la bonne allure du haut fourneau.

Des minerais très mouillés forment au gueulard des couches conglomérées et qui ne sont pas traversées facilement par le vent. Leur présence refroidit considérablement la cuve et donne lieu à de nombreux engorgements du creuset.

Des minerais très secs, surtout lorsqu'ils sont tenus et friables, criblent à travers les charbons, dépassent les charges et viennent tomber non réduits dans l'ouvrage.

L'usage des charbons trop humides offre les mêmes inconvénients que celui des minerais mouillés.

Les charbons employés trop immédiatement après leur entrée en halle, se consomment plus rapidement et portent une bien plus faible charge de minerais que les charbons reposés.

Le mauvais mélange des minerais et la répartition mal faite dans les charges, de différentes essences de charbons, compromettent aussi, comme nous l'avons déjà dit, l'allure ordinaire d'un haut fourneau.

Le choix, l'entretien et la préparation des matières qui influent d'une manière étrange sur les bénéfices du fabricant, sont des choses si accessibles à sa surveillance et à ses soins, qu'il ferait acte de négligence en ne s'en occupant pas essentiellement.

252. — La consommation extraordinaire des matériaux est toujours inséparable des dérangements des hauts fourneaux. Ainsi de deux usines placées dans des conditions semblables, celle dont le haut fourneau aura la plus mauvaise allure, fera évidemment le moins de bénéfices. — Il peut arriver que le fourneau qui marche mal, utilise ses produits pour le moulage, d'une manière aussi avantageuse que l'autre; mais le chiffre élevé de sa consommation subsiste toujours.

Supposons, par exemple, qu'un haut fourneau au charbon de bois de 10 à 12 mètres de hauteur mette par une bonne marche 56 hectolitres de charbon et 18 hectolitres de mineral pour produire mille kilog. de fonte. Admettons ensuite que ce fourneau soit dérangé par une des causes que nous avons données ou que nous indiquerons encore dans les pages suivantes, sa consommation pourra s'élever insensiblement à 70 hect. de charbon et 25 hect. de mineral par mille kilog. de fonte. Si le charbon coûte 1 fr. 50 l'hect. et le mineral 2 fr. l'hect., le prix de revient du mille kilog. de fonte pour les matières premières seulement sera, dans le premier cas, de 120 fr., et dans le second de 155 fr., différence 35 fr., chiffre énorme que nous avons amené ici pour la démonstration, mais qui bien souvent est rigoureusement sensible sur le roulement annuel des hauts fourneaux, où il s'agit alors de plusieurs cent milliers de kilog. de fonte dont la valeur première dépend tout d'abord du prix des matériaux.

253. — La quantité de charbon à dépenser pour produire 100 kilog. de fonte peut être extrêmement variable, mais on conçoit qu'elle dépend principalement de la nature des minerais. En admettant que le haut fourneau ait des dimensions convenables, que la machine soufflante soit bonne, qu'il ne survienne pas de dérangements dans l'allure, on peut établir qu'il faudrait environ 70 à 100 pour 0/0 de charbon pour réduire des minerais fusibles, 100 à 150 0/0 pour des minerais moyennement fusibles, et 150 à 200 0/0 pour des minerais réfractaires. Il est rare que la dépense excède cette dernière quantité, et il y aurait sans doute peu d'avantages à la voir s'élever au-delà pour traiter des minerais très

difficilement fusibles, dussent-ils même rapporter 50 à 60 0/0, tant la valeur du combustible a d'influence sur les produits d'une usine quelle qu'elle soit, fût-elle placée dans les conditions les plus favorables d'exploitation.

254.— Lorsque le fourneau a une certaine élévation et que l'ouvrage est étroit, il faut éviter de charger en grande proportion un minerai réfractaire ou devenu tel par une trop faible ou une trop forte dose de fondant; cette mesure occasionnerait inévitablement des engorgements dangereux. Cependant une charge trop faible de ce minerai élèverait en consommant une grande quantité de charbon, la température à un point très-élevé et amènerait la destruction de l'ouvrage; de plus, les matériaux liquéfiés bien au-dessus du point de fusion ordinaire, viendraient s'attacher et se refroidir sur la tuyère qu'ils finiraient par obstruer entièrement. En outre, une partie de la fonte passerait sous le vent dégagée de son laitier ou recouverte seulement d'une enveloppe visqueuse et subirait un déchet considérable. Cette allure exerce une influence des plus nuisibles sur le produit, quand le minerai est très réfractaire.

255. — On doit craindre d'employer un vent trop fort et une trop grande proportion de charbon, lorsqu'on traite des minerais très-fusibles, ou qui le sont devenus par une addition exagérée de fondant, parce qu'alors la fonte étant préparée beaucoup trop haut, traverse l'ouvrage avec une trop grande vitesse. Si le minerai est pauvre, son laitier qui retient beaucoup de fer, vient bouillonner et se figer aux tuyères.

Dans cette circonstance, où les ouvriers disent que les tuyères *flottent*, la réduction a toujours lieu d'une maniere imparfaite. — Si au contraire le minerai était très-riche et facile à fondre, il ne serait pas protégé par une quantité suffisante de laitier et l'affinage serait encore plus considérable.

Dans ces deux cas, on doit en ralentissant la vitesse du vent, essayer d'abaisser le point de fusion aux dépens de la température qui existe dans les parties supérieures. La perte du fer qui s'attache aux tuyères et qui est affiné par le courant d'air suffit pour indiquer qu'une augmentation de minerai n'est pas nécessaire : elle ne tendrait d'ailleurs qu'à favoriser les engorgements.

256. — Le minerai mal bocardé ou mal grillé, qui conserve encore des parties argileuses, exerce, lorsqu'il est humide, une influence d'autant plus nuisible sur la marche d'un haut fourneau, que les dimensions de celui-ci sont plus petites.

Dans un cas semblable, les éboulements de masses conglutinées se renouvellent souvent; l'allure du fourneau est incertaine et il est difficile d'obtenir plusieurs bonnes coulées consécutives. Les laitiers qu'on retire alors du creuset et qui pourraient engorger tout l'ouvrage sont ordinairement d'une couleur noire et d'un aspect terne; ils sont mêlés à une certaine quantité de minerais demi-réduits.

Même avec une forte charge de charbon, un minerai mal bocardé ou mal

grillé, peut produire de la fonte blanche par surcharge et n'amener encore qu'une fusion incomplète.

257. — On reconnait qu'il y a surcharge de minerais, par les laitiers qui deviennent sensiblement plus pesants, par la flamme qui s'échappe lentement du gueulard en conservant une couleur d'un rouge sombre, par la nature de la fonte qui est alors blanche grenue, par le produit de chaque jour qui n'est pas proportionnel à celui qu'on obtient dans un bon état du fourneau, etc., etc.

Diverses circonstances forcent de réduire la charge en minerai, quand même il n'y a pas surcharge. Nous citerons, entr'autres, le plus ou moins d'humidité contenue dans le minerai et dans le charbon; un soufflement inégal ou un arrêt accidentel de la machine soufflante; l'élargissement du foyer; l'emploi d'une trop forte dose de fondant; un refroidissement du creuset, produit par une fuite d'eau dans les tuyères, dans la tympe, etc., etc.; la chute de quelques matériaux tombés de la cuve ou des étalages, etc., etc.; un arrêt momentané du fourneau par une cause quelconque, etc., etc.

Dans toutes ces occasions, il ne faut pas craindre de diminuer la charge en minerai d'un cinquième ou d'un sixième au moins, afin de remonter promptement la température du fourneau. Cette diminution n'est que passagère, et si l'on a remarqué après l'intervalle de deux ou trois coulées, une tendance vers un réchauffement sensible, on peut ramener la charge à son état primitif, par des augmentations partielles faites avec ménagement.

258. — Un excès de fondant donne un mélange trop fusible, et le laitier, très-liquide alors, n'enveloppe pas assez la fonte pour qu'elle subisse sans inconvénient le contact du vent.

Le manque de fondant au contraire fournit un mélange trop réfractaire, et le laitier très-épais et très-tenace ne sépare pas facilement de la fonte dont il retient une assez grande quantité.

Nous avons déjà d'ailleurs traité cette matière (254), quand nous avons parlé des effets produits par l'emploi de minerais très réfractaires ou très fusibles.

La dose de fondant la plus convenable est celle qui fait supporter au charbon la plus grande charge de minerais, sans que l'allure du fourneau soit troublée. Il est bien entendu que la quantité de fondant ajoutée au minerai, doit toujours être proportionnelle à la charge de ce minerai. Ainsi, quand par une des causes que nous avons désignées (257), on fait varier la charge du minerai, on doit aussi faire varier la charge du fondant.

Il est facile de reconnaître à la pureté, au poids et surtout à la viscosité des laitiers, s'il y a excès ou non, de fondant. On peut d'après cela, lorsqu'on a un minerai nouveau à traiter, augmenter graduellement et diminuer ensuite s'il est nécessaire pendant quelques jours, la dose du fondant jusqu'à ce qu'on ait rencontré le mélange fusible voulu.

259. — *Circonstances où l'on obtient de la fonte grise et de la fonte blanche.* — Pour fixer sur les différents changements que peut éprouver un haut fourneau dans son allure, nous allons essayer de résumer les causes principales observées jusqu'alors, qui produisent de la fonte blanche ou de la fonte grise.

On obtient de la fonte blanche :

1° Par des minerais trop fusibles, mal mélangés, mal bocardés, mal grillés, trop humides, trop secs.

2° Par des charbons trop légers ou trop mouillés.

3° Par une surcharge de minerais.

4° Par un mauvais dosage de fondant, ou par l'emploi d'un fondant impur.

5° Par un vent irrégulier ou mal dirigé.

6° Par des étalages trop rapides ou trop plats. On se rappelle que dans ce dernier cas ils retiennent les matériaux et provoquent des engorgements.

7° Par un foyer trop large.

8° Par un refroidissement accidentel du foyer.

9° Par un dérangement du fourneau, provenant de la descente irrégulière des charges produite par une cause quelconque, des éboulements qui en sont la conséquence, de la haute position du point de fusion, des obstructions du creuset, etc., etc.

260. — On obtient de la fonte grise :

Lorsque la température est très-élevée dans le fourneau; lorsque le vent est conduit avec la régularité voulue; lorsque le choix et le dosage des matériaux ont été bien faits; lorsque l'ouvrage n'est pas trop large, etc., etc.

On obtient encore momentanément de la fonte grise par un rétrécissement de l'ouvrage au-dessus des tuyères, provenant des amas de matériaux; par une température factice que porte subitement à un haut degré, un vent trop rapide; par une charge très faible de minerais, etc., etc.

Ces dernières circonstances ne sont pas avantageuses au fabricant, parce qu'alors le produit du fourneau n'est pas en rapport avec sa consommation, et parce que le plus souvent la qualité de fonte grise obtenue n'est pas convenable pour la confection des objets moulés.

261. — *A quels signes on reconnaît l'allure du fourneau.* — La connaisssance certaine des signes qui indiquent la position d'un haut fourneau est le guide le plus essentiel pour le fondeur qui doit, d'après ces signes, régler la marche de son travail.

La nature de la fonte indique par elle-même la situation du fourneau. Nous avons indiqué précédemment (243) comment on peut classer les différentes natures de fontes obtenues dans les hauts fourneaux au charbon de bois, travaillant en moulages.

Voici la méthode toute pratique employée par les fondeurs qui veulent recon-

naître d'une manière précise, la qualité de la fonte, quelques heures avant la coulée. — Ils prennent du sable à mouler et ils moulent avec le poing, sur le sol qui environne la dame, une rondelle d'environ six centimètres de diamètre sur deux centimètres de profondeur. Ils écartent alors les laitiers qui nagent sur l'avant-creuset, et au moyen d'une très-petite poche recourbée et fixée à un long manche en fer, ils amènent une quantité de fonte suffisante pour remplir la rondelle. Lorsque la fonte est grise, la surface devient convexe au refroidissement; si au contraire elle est blanche, la surface devient concave, couverte d'une peau noire qui s'enlève par écailles et criblée de petits trous.

262. — L'aspect de la tuyère indique d'une manière exacte, la marche du fourneau.

Lorsque la tuyère est claire et brillante, de telle sorte qu'on ne puisse reconnaître au premier abord les matières qui sont dans le foyer, c'est un indice certain que le fourneau est dans une bonne condition de température. — Si au contraire la tuyère s'obscurcit, si elle jette un reflet rougeâtre, si l'œil distingue parfaitement les matériaux à leur passage, on peut en conclure qu'il y a surcharge de minerais. Le laitier vient alors bouillonner devant la tuyère et il l'obstruerait, si le fondeur n'avait soin de la *moucher* continuellement. Dans un cas semblable, il est bon de travailler au ringard dans l'avant-creuset, afin de provoquer l'écoulement du laitier qui remplirait tout le creuset et se figerait même sous la fausse tympe. Le laitier qui s'écoule pendant le travail du fondeur est peu chaud, quoique très liquide; il se durcit promptement sur la dame d'où il faut l'enlever au crochet et à la pelle.

Si la tuyère est sombre, si elle se couvre de tems en tems d'un laitier visqueux mêlé à des parties de fer, on peut croire qu'il y a des chutes de matériaux provoquées par des circonstances quelconques, que le point de fusion s'est élevé trop haut, que les minerais et le fondant contiennent beaucoup trop de matières terreuses qui les enveloppent tellement que la réduction est imparfaite, etc.,etc.

On reconnaît encore un excès de fondant, ou le trop de fusibilité du minerai par le nez qui vient recouvrir la tuyère, laquelle peut rester cependant assez brillante lorsque la température est bonne. Les laitiers bouillonnent comme par une surcharge de minerais, mais ils se tirent moins en longueur et ils compromettent bien moins l'allure du fourneau.

Lorsque le fourneau est menacé d'un engorgement prochain, la fonte est ordinairement très-grise et le laitier assez pur, parce que l'ouvrage est extrêmement resserré par le haut; la tuyère se charge néanmoins dans cette circonstance, de matières figées.

Les tuyères à double enveloppe rafraîchies par un courant d'eau protégent l'ouvrage, contre un élargissement trop immédiat, et le garnissent encore, lors-

qu'il commence à se ronger, par les masses réfractaires qui viennent s'amasser sur leurs museaux. Mais sur la fin du fondage, quand l'élargissement est plus considérable, les matières déposées en plus grande quantité sur les tuyères, ne rencontrent plus assez d'assise et tombent continuellement dans le creuset.

On doit alors, si la mise hors n'est pas jugée nécessaire, raccourcir les tuyaux de conduite d'eau dans les tuyères, et reculer celles-ci de quelques centimètres en dehors de l'ouvrage.

263.— Les laitiers dont la couleur varie ordinairement avec les minerais ne peuvent donner que par l'habitude, des renseignements précis sur la marche du fourneau.

Cependant il est presque général, que dans tous nos hauts fourneaux à charbon de bois où l'on traite des minerais qui n'ont pas de trace sensible de soufre, de zinc, de plomb, etc., etc., les laitiers d'un vert-clair, sans éclat, dont la surface se ride en longueur, qui sont caverneux et terreux annoncent un dérangement du fourneau et accompagnent toujours la fonte blanche.

Les laitiers noirs ou d'un vert foncé, bien compacts, d'un aspect vitreux très brillant et qui, en coulant sur la dame, forment à leur surface des globules très prononcés, recouvrent ordinairement la fonte grise et annoncent une bonne marche du fourneau. Un laitier blanc, boursoufflé et caverneux, semblable à une *écume de mer*, est le signe d'une température très-élevée et d'une fonte noire. — On le rencontre plus fréquemment dans les fourneaux qui marchent à l'air chaud.

Les laitiers d'une couleur très-noire sans éclat, boursoufflés, extrêmement légers, sont habituellement produits par des chutes de matériaux qui les rejettent quelquefois avec force hors de l'avant-creuset.

Les matières tombées de quelque partie dégradée du fourneau, les morceaux de minerais ou de fondant qu'on rencontre non réduits dans les laitiers, la quantité de charbons qu'on retire non consumés de l'ouvrage, sont encore des indices de la mauvaise situation du fourneau.

Un laitier trop liquide est sujet à des bouillonnements qui salissent la tuyère; il ne peut protéger la fonte contre l'action de l'air.

Un laitier trop épais retient la fonte, se durcit dans le creuset et occasionne des engorgements; il a l'inconvénient de se mêler avec la fonte dont on ne peut le séparer qu'en *crémant* avec soin.

Il faut pour obtenir une bonne nature de laitier, qu'il soit coulant sans être trop liquide; qu'il ait de la consistance sans être trop visqueux; qu'il puisse filer en se cassant et être cependant assez liquide pour ne pas exiger un *hâlage* difficile.

264.— La flamme du gueulard et la flamme de la tympe expliquent aussi l'allure du haut fourneau.

Si la flamme du gueulard est claire et vive, si elle s'élève d'une manière uniforme, elle indique une bonne marche de fourneau. Si au contraire elle est

sombre ou pâle, elle annonce un manque de température ou une surcharge de minerais.

Lorsque la flamme est trop faible, le vent ne traverse pas assez rapidement les couches de matières et la cuve reste froide. Lorsqu'elle se projette très haut, lorsqu'elle est intermittente, lorsqu'elle se porte sur un côté du gueulard, les éboulements et les descentes obliques sont imminents.

Une flamme bleuâtre qui s'échappe avec force sous la tympe et qui dégage des vapeurs est le présage d'une surcharge ou de la concentration de la chaleur dans la partie inférieure de l'ouvrage. La fonte est ordinairement blanche quand la flamme de la tympe est terne, d'un jaune pâle, et jette de nombreuses étincelles.

La plus ou moins grande quantité de poussière qui est répandue sur la plate-forme du gueulard, indique aussi le degré de la vitesse avec laquelle le vent traverse la colonne des matières. Lorsqu'on traite des minerais friables, l'abondance de cette poussière ou *folle-mine* est souvent considérable.

265. — La descente des charges, lorsqu'elle a lieu régulièrement et par tems égaux, est un signe de la bonne situation du fourneau; mais si les charges se jettent de préférence sur l'un des côtés de la cuve, si elles *sautent* rapidement après avoir été longtems arrêtées, on doit prévoir des engorgements prochains et se mettre en mesure d'y porter remède.

Il arrive quelquefois, quand on dispose surtout d'une trop grande force de vent, qu'un *saut* de la masse des matériaux qui remplissent la cuve, laisse au gueulard un vide de plusieurs charges et rejette loin de l'avant-creuset, une grande quantite de laitier. Cette circonstance peut détourner une obstruction présumable, mais la coulée qui suit, est rarement satisfaisante.

D'après ces dernières explications, le fondeur doit être en état de prévoir la plupart des dérangements du fourneau, en réunissant les observations qu'il a faites, sur la nature de la fonte et sur celle des laitiers; sur la flamme du gueulard et sur celle de la tympe; sur l'aspect de la tuyère; sur la régularité des charges, etc., etc.

266. — *Obstructions de l'ouvrage.* — Les obstructions de l'ouvrage qui sont les accidents les plus à redouter dans la conduite des hauts fourneaux sont déterminés par une partie des causes qui produisent la fonte blanche.

Les engorgements qui sont presque toujours précédés par des chutes ou des descentes irrégulières, sont annoncés encore par le produit trop fort ou trop faible par rapport au nombre des charges. Si le fourneau n'est pas dans de bonnes conditions au moment de l'engorgement, on éprouve beaucoup de difficultés à le rétablir dans sa marche habituelle, et on est souvent forcé de le mettre *hors*.

Lorsque les obstructions sont produites par la destruction de quelque partie de la cuve, des étalages ou de l'ouvrage, il y a peu de remèdes à leur opposer.

On pourra quelquefois dégager le fourneau en remplaçant pendant quelques jours un quart ou un cinquième de la charge en minerais, par une quantité semblable de scories appelées *emselots* provenant des fours à pudler ou de battitures de fer. Il ne faudra pas négliger de maintenir très faible, la charge en minerais pendant tout le tems où l'on devra travailler dans l'ouvrage.

Il est toujours coûteux de mettre hors de feu, par suite d'un engorgement, un fourneau qui n'a encore que quelques mois de roulement. La nécessité fait loi dans ce cas-là, et on use de toutes ses ressources avant de décider la mise hors. Nous avons dû agir ainsi dans une occasion semblable.

Depuis quelque tems, par un vice de la machine soufflante, le fourneau ne recevait qu'un vent trop faible; insensiblement l'ouvrage se refroidit et s'engorgea tellement un peu au-dessus des tuyères, que la colonne de matières demeura suspendue.

Après avoir essayé inutilement de percer le fourneau à la place du tacret, dont le sable était trop vitrifié, nous fûmes obligés de pratiquer des ouvertures à environ quinze centimètres au-dessus des tuyères, et de souffler par ces ouvertures sur la masse refroidie, dans les cavités de laquelle nous introduisions un à un des charbons et des morceaux de houille enflammés. — Après un travail qui dura huit heures, nous parvînmes à faire un trou d'environ huit à dix cent. carrés, par lequel descendirent quelques matériaux dans le creuset qu'on avait entièrement vidé. — On enleva alors la dame, on remplit tout le creuset de charbons incandescents et on donna le vent par les tuyères après avoir bouché les ouvertures supérieures. Il fallut souffler pendant quelques heures, en ayant soin de tenir le creuset toujours plein de charbons, avant l'apparition de la fonte dont on débarrassa constamment la sole, au fur et à mesure de son arrivée.

Ce fut seulement après vingt-quatre heures d'un travail opiniâtre, que les charges reprirent leur cours ordinaire et qu'on put rétablir la dame.

267. — *Mise hors.* — La trop forte dépense en combustible et en minerais, la mauvaise qualité de la fonte, circonstances occasionnées par l'élargissement de l'ouvrage, et quelquefois des engorgements, déterminent la mise hors.

Dans certaines usines qui n'ont pas de fours à reverbère, on rassemble un ou deux jours avant la mise hors, tous les gros *colis* qui n'ont pu être fondus dans les cubilots et on les jette au fourneau, en laissant entre chacun un intervalle de plusieurs charges en minerais; on utilise encore de cette manière tous les *bocages* dont la qualité est trop mauvaise pour qu'on puisse les refondre ou les vendre dans les forges. Il est évident que pour faire ces opérations avec succès, on doit ôter à la charge une certaine quantité de minerai proportionnelle au poids de la fonte qui la remplace.

Le produit de ces dernières charges étant beaucoup plus fort et plus précipité

que celui des charges ordinaires, le creuset est plus souvent plein et on est forcé de multiplier les coulées. Lorsque la fonte provenant de ces coulées, n'est pas d'une nature à être employée pour le moulage (ce qui arrive presque toujours) on en fait des *gueuses* pour les usines à fer.

Pendant toute la durée de leur roulement, quelques hauts fourneaux ajoutent à la charge en minerais une certaine quantité de grenailles ou de menus *bocages* amassés dans l'usine. Cette quantité qu'on conserve tout au plus à 12 ou 15 kilog. par charge, est fondue sans augmentation de combustible, et permet de réduire la dose de fondant. Nous ne sommes pas d'ailleurs très partisans de cette méthode, et nous nous sommes convaincus que ces bocages fondus trop haut subissaient un déchet tellement considérable, que leur produit était presque nul, surtout dans les fourneaux élevés.

Nous conseillons donc de n'employer de cette manière que les grenailles de fonte amassées quand on passe à la claie les sables qui sont sous les pieds des mouleurs ou quand on boccarde les laitiers. Cette dernière opération qui consiste à conduire les laitiers sous les pilons d'un bocard où ils sont broyés et lavés à l'instar du minerai, et qui est très dispendieuse d'ailleurs, est seulement adoptée par les usines qui traitent des minerais réfractaires dont les laitiers souvent visqueux retiennent une partie de la fonte.

268. — La durée d'un fondage ne peut pas être facilement déterminée.

Si le fourneau n'éprouve pas beaucoup de dérangements dans son allure, cette durée dépend principalement des matériaux employés à sa construction. — Les campagnes des fourneaux en moulages ont ordinairement bien moins de durée que celles des fourneaux en gueuses, la bonne qualité de la fonte n'étant pas aussi exigible dans ces derniers. Il est au reste, peu de nos hauts fourneaux en marchandises, marchant au charbon de bois, dont la durée du fondage dépasse dix mois à un an.

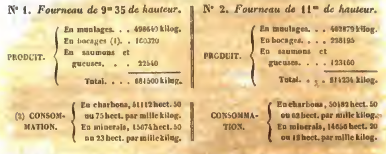
269. — Lorsqu'un accident à la machine soufflante, le manque de matériaux ou d'autres circonstances particulières forcent de suspendre le travail du haut fourneau pendant plusieurs jours, on jette au gueulard un certain nombre de charges en charbons, d'autant plus grand que le tems qu'on devra rester arrêté sera plus long. Et, lorsqu'elles sont parvenues dans l'ouvrage, on ferme hermétiquement toutes les issues par lesquelles l'air atmosphérique pourrait pénétrer dans le fourneau et animer la combustion. Il faut avoir soin de remplir par intervalles, les vides que l'affaissement des charges laisse au gueulard.—En mettant une quantité suffisante de fausses charges, un haut fourneau peut demeurer ainsi pendant un mois ou six semaines.

270. — *Comparaison entre les produits de deux fourneaux de différentes dimensions.* — Les fourneaux élevés, lorsqu'ils sont alimentés par une bonne machine soufflante, offrent sur les fourneaux de peu de hauteur une certaine

économie de matériaux, en ce sens que les charges sont mieux préparées. Mais les fabricants de fonte moulée préfèrent quelquefois ces derniers qui ont une marche plus régulière ou au moins plus facile à gouverner.

Les suites d'un dérangement dans un fourneau élevé entraînent toujours plusieurs mauvaises coulées, parce que les variations que doit nécessairement subir la charge, ne sont apparentes qu'après un tems assez long. D'une coulée à l'autre, dans un fourneau peu élevé, on rectifie l'allure et on parvient à changer la nature de la fonte en augmentant ou en diminuant la dose du minerai.

Nous allons établir ces faits par le parallèle de deux roulements, le premier résultant d'un haut fourneau de 9m 35 de hauteur, le second d'un fourneau de 11 mètres de hauteur, tous les deux marchant au charbon de bois et brûlant des minerais de même nature. Nous avons suivi avec soin le travail de ces deux fourneaux et nous pouvons garantir l'exactitude des chiffres.



N° 1. *Fourneau de 9m 35 de hauteur.*		N° 2. *Fourneau de 11m de hauteur.*	
PRODUIT.	En moulages. . . 498640 kilog.	PRODUIT.	En moulages. . . 462879 kilog.
	En bocages (1). . 160320		En bocages. . . . 228195
	En saumons et gueuses. . . 22540		En saumons et gueuses. . . . 123160
	Total. . . . 681500 kilog.		Total. . . . 814234 kilog.
(2) CONSOMMATION.	En charbons, 51112 hect. 50 ou 75 hect. par mille kilog.	CONSOMMATION.	En charbons, 50182 hect. 50 ou 62 hect. par mille kilog.
	En minerais, 15674 hect. 50 ou 23 hect. par mille kilog.		En minerais, 14656 hect. 20 ou 18 hect. par mille kilog.

Si la consommation en matériaux est plus forte pour le fourneau n° 1 que pour le fourneau n° 2, quelle différence n'existe-t-il pas dans les produits en

(1) On appelle *bocages* dans les hauts fourneaux, les débris de fonte provenant des jets, des pièces manquées, des culs de poche, etc., etc. — Ces débris sont toujours conservés pour être refondus dans les cubilots, à moins toutefois que leur qualité devenant par trop mauvaise après plusieurs fusions successives, il soit plus avantageux de les vendre aux forges qui s'en servent pour la fabrication du fer en les mêlant avec des fontes de meilleure qualité, car employés seuls ils ne donneraient qu'un mauvais produit.

(2) Dans tous nos calculs de consommation, nous ne parlons pas du fondant, parce que dans une grande partie de nos usines, il a une valeur à peu près nulle, par rapport aux autres matériaux. La castine se rencontre si abondamment sous ses divers états, que chaque haut fourneau peut l'amasser dans ses environs ou l'extraire à peu de profondeur sans une grande dépense. Nous avons déjà dit (90) comment certains minerais pauvres, mais mélangés de calcaires, peuvent être utilement employés comme fondants.



moulages dont l'importance doit être si vivement sentie par le fabricant qui en fait sa spécialité? — Nous devons dire cependant que le chiffre énorme de gueuses et de saumons coulés pendant le train du fourneau n° 2, aurait pu être diminué, si l'usine avait été en possession de commandes de pièces massives, d'une réussite facile et n'exigeant pas rigoureusement la bonne qualité de fonte que demandent les objets d'ornements, de vaisselle ou de mécanique. Nous savons qu'en maintes occasions, pendant d'autres trains, la fonte trop claire ou trop grise, et par cela même ne convenant pas pour des moulages délicats, a pu être employée utilement, ce qui donnait évidemment au fourneau n° 2 de grands avantages sur le n° 1; mais nous pouvons affirmer qu'à fabrication semblable, le travail du premier de ces deux fourneaux serait de nature à présenter au maître de fonderies plus de bénéfices que celui du second.

271. — *Emploi de l'air chaud.* — Depuis quelques années un grand nombre de propriétaires d'usines à fer ont essayé dans leurs hauts fourneaux, l'introduction de l'air chauffé, d'abord par des foyers supplémentaires, puis par la flamme du gueulard.

Les formes et les dimensions des appareils à chauffer l'air ont été extrêmement variées. Ces appareils se composent tous d'une plus ou moins grande quantité de tubes en fonte, recourbés plusieurs fois et dirigés en différens sens. Leur but est d'élever la température de l'air en lui faisant parcourir pendant un certain tems, le vide laissé dans les tuyaux dont la surface extérieure est soumise à l'action de la flamme. — L'usage n'a pas encore bien déterminé positivement le diamètre intérieur de ces tuyaux. Il est certain cependant que des tuyaux d'un diamètre trop faible nuisent à l'échappement du vent tout en fatiguant les machines soufflantes, et que des tuyaux d'un diamètre trop grand s'opposent à l'échauffement de l'air qui, comme on sait, conduit mal le calorique et dont le noyau reste froid. On peut à la vérité, éviter ce dernier inconvénient en multipliant les coudes pour briser la masse d'air, mais alors on doit craindre de retrouver la raideur qui existe dans des tuyaux trop petits.

272. — Si l'on tient à ménager le travail moteur, la vitesse de l'air dans les conduites, ne doit pas s'élever à plus de 25 à 30 mètres. Cette vitesse est subordonnée d'ailleurs à la température que l'on veut obtenir et à la disposition de l'appareil. — En somme, les points essentiels dans la construction d'un appareil à air chaud, sont :

1° De disposer de la plus grande surface de chauffe possible, sans augmenter la pression par de nombreux tuyaux d'un trop faible diamètre et par des coudes d'un trop petit rayon.

2° D'éviter la multiplicité des joints, et par suite les chances de perte d'air.

3° De disposer les tuyaux de telle sorte que la dilatation de chacune de leurs parties ait lieu facilement.

Il est peu facile de déterminer d'une manière générale, le degré de température à donner à l'air chaud lancé dans les hauts fourneaux. On conçoit que cette chaleur doit résulter de la nature des minerais et même de celle du combustible ; elle doit dépendre aussi de la qualité des matériaux avec lesquels sont montés les ouvrages. En effet, une très-haute température dans un fourneau monté en sable ou en grès peu réfractaires et brûlant des minerais fusibles, ne tendrait qu'à amener une prompte destruction des parois et un déchet considérable dans le produit. Il est évident encore que, le combustible devant être consumé dans un tems donné pour la réduction du minerai, si l'action d'une chaleur trop intense vient hâter ce moment, on n'obtiendra pas tout l'effet utile, et les charges seront brûlées beaucoup trop haut.—La température de l'air chaud est donc variable entre $150^{\circ c}$ et $300^{\circ c}$; il serait peu profitable de la tenir au-dessous de la limite la plus basse, et il ne serait pas avantageux de la faire dépasser le point le plus haut.

273. — Le chauffage des appareils à air chaud par des foyers additionnels n'est praticable que dans les localités où l'on rencontre le combustible minéral à très-bon compte. Ailleurs, il deviendrait d'un entretien fort dispendieux.

Nous ne connaissons en France, que l'usine de Terre-Noire, près Saint-Étienne, qui fasse usage aujourd'hui de ce procédé de chauffage (1). Un des fourneaux au coke de cette usine est pourvu à chaque tuyère d'un appareil à air chaud, qui est disposé dans un four rectangulaire et qui se compose d'une file de tuyaux courbes de 0,054 de diamètre intérieur, emboîtant dans deux tuyaux droits dont la section forme le D. — La surface de chauffe à chaque appareil est de $17^{m}85$. On chauffe l'air à $260^{\circ c}$. — Les foyers sont établis avec des grilles en fonte comme ceux des machines à vapeur; on les alimente à la houille.

274. — On avait admis dans le principe, que la chaleur fournie par les flammes du gueulard était toujours inférieure de 1/4 à 1/5 à celle donnée par le combustible brûlé sur la grille d'un foyer. — En effet, on comptait sur 130 à 135 calories par mètre c. de surface de chauffe et par minute lorsqu'on employait une grille, et sur 100 à 105 seulement lorsqu'on faisait usage de la chaleur du gueulard. Les expériences de M. Ebelmen et les résultats que nous avons cons-

---

(1) Les fourneaux de Torteron dépendant de Fourchambault (Nièvre) étaient aussi alimentés d'air chauffé au moyen de foyers additionnels brûlant de la houille. Mais on nous a dit qu'on avait supprimé cette disposition coûteuse.

tatés (137, 138, 139 et 140) démontrent quelle est la haute température qu'on est en droit d'attendre des flammes perdues. Il suffit pour cela de brûler les gaz dans les conditions les plus convenables, et de prendre les mesures utiles pour que la surface des tuyaux ne se recouvre pas d'une couche de poussières (143) dont l'épaisseur nuirait à l'échauffement de l'air.

275. — Le chauffage par la flamme du gueulard, n'est pas exempt d'inconvénients, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer (141). — Il provoque un tirage dont l'effet est de tendre à élever la température de la cuve aux dépens de celle de l'ouvrage, et à occasionner des descentes inégales. Outre cette circonstance qui subsiste dans tous les cas, soit que les appareils à air chaud soient placés sur le sol des usines, ou qu'ils soient construits sur la plate-forme même des hauts fourneaux, nous devons signaler un inconvénient grave qui résulte de cette dernière disposition, c'est la nécessité de faire monter l'air jusqu'au gueulard pour le faire redescendre ensuite. Cette obligation qui entraîne toujours à beaucoup de frais est d'ailleurs un obstacle à l'application de l'air chaud dans les usines qui n'ont que de faibles machines soufflantes.

Par ces raisons les appareils construits sur le sol doivent avoir une préférence incontestable. Cependant, comme bien des fourneaux continuent à chauffer l'air au gueulard, nous donnerons la description de quelques-uns des appareils employés afin qu'on puisse s'en faire une idée. Il est au reste, sans aucun doute, que ces mêmes appareils peuvent être d'une égale utilité, en les disposant sur le sol, aux environs des tuyères.

276. — La fig. 24 représente l'ensemble d'un système à chauffer l'air, mis en usage au haut fourneau d'Attignéville (Vosges). — Ce système consiste principalement en un tuyau serpentin placé près du gueulard, et en une très haute cheminée d'appel qui force la flamme à descendre jusqu'auprès de la tuyère en enveloppant la conduite d'air chaud. — Quelques lettres explicatives pourront d'ailleurs tenir lieu d'une plus longue description. — *ff* file de tuyaux par lesquels l'air froid monte au gueulard. — *aa* serpentin dans lequel est échauffé l'air. — *cc* tuyaux qui descendent l'air chaud à la tuyère. — *ee* entrée de la flamme du gueulard dans l'appareil. — *bb* cheminée d'appel dans laquelle est placée un foyer *k* destiné à favoriser le tirage en raréfiant l'air. — *g* portière de charge du haut fourneau, laquelle peut être placée plus bas à la hauteur de la ligne *nn*.

Cet appareil qui est dû à M. Grosnier, actuellement propriétaire des fourneaux de Sermaise, près Vitry-le-François (Marne) a d'abord joui d'une assez grande réputation pour que les maîtres de différentes usines de la Meuse, des Vosges, de la Haute-Marne et des Ardennes, s'empressassent de traiter avec M. Grosnier qui se chargeait de le leur monter moyennant une somme déterminée et une

certaine remise sur les bénéfices (1). Mais, il fut reconnu après quelques mois d'usage, que les souffleries étaient extrêmement fatiguées à cause de la longueur des conduites et du faible diamètre des tuyaux; que les réparations aux joints t étaient impraticables à moins de démolir une partie de la maçonnerie du four et de la cheminée, ce qui menaçait d'arriver souvent; que d'ailleurs, il était difficile de chauffer l'air à plus de 200 à 220°. Et alors l'appareil Grosnier fut abandonné pour faire place à d'autres dispositions qui amenèrent de meilleurs résultats.

277. — L'appareil qu'indiquent les fig. 25 et 26 de la pl. 6 a été établi d'abord en 1838 au haut fourneau de Tusey, puis à celui d'Herserange (Moselle). — Il est composé de 18 tuyaux courbes de 0,054 de diamètre intérieur assemblés sur deux tuyaux concentriques de 0,33 de diamètre intérieur qui enveloppent circulairement une portion du gueulard. Les gaz sont introduits par l'orifice *o* et s'échappent par la cheminée d'appel *h* dont la hauteur est d'environ 10 m. — Le vent froid est reçu par le tuyau *a* et se rend aux tuyères par le tuyau *b*. — La voûte du four ne s'écarte des tuyaux que de 0,030 afin de mieux faciliter la combustion des gaz dans un espace plus rétréci et d'augmenter le chauffage. — On place sur la conduite de l'air chaud, un tuyau compensateur (fig. 13 pl. 6) dont le but est de neutraliser les effets de la dilatation et de la contraction, qui nuiraient à la solidité des joints et qui occasionneraient de nombreuses fuites de vent.

L'épaisseur des tuyaux est de 0,025 millimètres et le vide laissé à l'emboîtement de chacun d'eux pour l'introduction du mastic à 0,015 de largeur. — Le mastic employé pour les joints était composé de 2/3 tournure de fonte tamisée et 1/3 de terre argileuse; on formait une pâte de la consistance de celle du pain, en délayant ces matières dans du vinaigre blanc. Ce mastic nous a paru préférable pour les endroits qui doivent subir l'effet d'une haute température, à ceux que nous avons indiqués dans la note correspondante au paragraphe 164.

Les jonctions à emboîtements doivent être préférées aux jonctions à brides, ces dernières ne s'obtenant d'une manière exacte dans la pratique, qu'après des frais coûteux d'ajustage et ne retenant le mastic qu'imparfaitement, lorsqu'elles sont échauffées.

Le vent arrive simultanément dans tous les tuyaux de l'appareil dont nous parlons; mais le grand nombre de ces tuyaux et par suite la trop grande quan-

(1) M. Grosnier avait pris un brevet au moyen duquel il exploita en quelque sorte pendant plusieurs années, le monopole de la construction des appareils à chauffer l'air, devant lesquels la plupart des maîtres de forges avaient jusqu'alors reculé, par la crainte de dépenses et de tentative infructueuses. Quelques usines et entr'autres celles de Démange-aux-Eaux, et de Vrécourt ont cependant conservé l'appareil de M. Grosnier.

tité de joints, sont les causes de nombreuses fuites et d'une forte pression qui épuisent la machine soufflante.

La conduite en fonte qui descend l'air chaud du gueulard aux tuyères avait l'inconvénient de diminuer la température de 40 à 50°°. On fut obligé pour empêcher le rayonnement, de la recouvrir dans toute sa hauteur d'une enveloppe en briques, qu'on eût soin de garnir à l'intérieur de sables brûlés et de laitiers concassés, corps peu conducteurs du calorique.

La nécessité d'éviter les pertes de chaleur, fit que dans quelques usines, on prit le parti d'entourer les tuyaux en fonte, d'une couche de cordes filées avec du foin, laquelle était en outre revêtue d'une épaisseur de terre argileuse délayée dans l'eau avec du crottin de cheval, de la bourre ou du foin haché. Cette précaution qu'on emploie ordinairement pour les conduites de vapeur ne présente pas, il est vrai, autant de garanties que celle dont nous venons de parler, mais elle coûte bien moins cher.

278. — L'appareil demi-circulaire a été rectifié d'une manière plus simple et plus efficace au fourneau de Varigny (Haute-Saône). — Les deux gros tuyaux d'assemblage ont été placés sur deux lignes droites parallèles et le nombre des petits tuyaux a été réduit à douze, leur diamètre intérieur étant porté à $0,130^m$ au lieu de 0,054. On a de cette façon, diminué la pression et évité une certaine quantité de fuites dont il est toujours très difficile de se garantir quelle que soit la solidité des joints. Nous avons été à même de voir fonctionner cet appareil qui chauffait l'air à 280°° au gueulard et le rendait à la tuyère à 230°°. — La perte énorme de 50°° du premier point au second ne pouvait provenir que de la conduite du vent chaud qui était mal recouverte d'une mince couche d'argile. — La température de 230°° qui suffisait d'ailleurs pour la marche du fourneau, réduisait de 1/5 la dépense en charbon de bois; mais la consommation en minerais dépassait constamment celle qu'on avait reconnue lorsque le fourneau travaillait à l'air froid (1).

279. — Depuis l'application du procédé Robin au haut fourneau de Tusey, on a abandonné l'ancien appareil placé sur le gueulard et on a construit celui qui est accolé au four de la machine à vapeur (fig. 1, 2 et 3 pl. 2) et dont le même mo-

(1) Le haut fourneau de Varigny qui est un des meilleurs de la Franche-Comté, a 10 mètres de hauteur totale. — Le diamètre du ventre est de 2^m60, et celui du gueulard de 0^m68. — La hauteur des étalages est de 3^m35 et celle de la sole à la tuyère 0^m48. — Au fond, le creuset a 0^m50 de largeur sur 0^m66 de longueur.

Chaque charge est de 8 rasses de charbon formant 7 hect. 20 qui portent en bonne marche 24 conges de minerais ou 2 hect. 70. — La soufflerie est composée de deux caisses carrées à pistons qui fournissent 22 m. cub. par minute. — Le régulateur à eau est cylindrique et contient 14 m. cub. Il est situé à 30 mèt. du fourneau.

dèle existe dans plusieurs autres usines telles que Osne-le-Val, l'Abbaye-d'Evaux etc., etc., où il a été reconnu comme un des meilleurs dont on a pu se servir jusqu'à présent. Six tuyaux d'un diamètre intérieur de 0,33 sont placés sur trois plans horizontaux et sont séparés par la cloison verticale *g g*. Le dessin indique suffisamment la disposition des coudes.

L'air est introduit par le tuyau *v*. Il sort par le tuyau *x*.

H est une ouverture pour le passage de la flamme d'un carneau à l'autre.

K est l'entrée de la flamme de l'appareil d'air chaud sous la chaudière à vapeur. Cette entrée est fermée par un registre et elle n'est utile que quand les deux appareils fonctionnent ensemble. Dans ce dernier cas, on interdit la communication *i* et on ouvre le registre placé à l'ouverture *q*.

K' est l'entrée de la flamme de l'appareil d'air chaud dans la cheminée.

K'' est l'entrée de la flamme de la chaudière à vapeur dans la cheminée.

G est l'orifice par lequel les gaz sont introduits sous les tuyaux.

La cheminée a 15 mètres de hauteur; elle peut être fermée à son extrémité supérieure par un plateau qu'on fait manœuvrer au moyen d'un levier et d'une chaîne. Nous indiquons un de ces plateaux par la fig. 19 de la pl. 7.

L'avantage principal de ce système à chauffer l'air est de peu fatiguer la machine soufflante parce qu'il est formé d'une petite quantité de tuyaux d'un grand diamètre. La température peut cependant y être portée à un chiffre beaucoup plus élevé qu'il n'est nécessaire pour le travail du haut fourneau. On est souvent forcé de rétrécir l'ouverture du registre placé près de la buse, afin de diminuer l'entrée des gaz, dont la trop grande quantité chauffe quelquefois les tuyaux jusqu'au rouge-blanc.

280. — Le haut fourneau de Loulans (Haute-Saône), possède un appareil à peu près semblable à celui que nous venons de décrire. — Il est composé de douze tuyaux à double manchon, qui liés par des coudes, forment trois rangs horizontalement et quatre verticalement. L'espace compris entre les tuyaux est 0,17 en tous sens, parce que les coudes sont tous coulés sur le même modèle, et parce qu'afin d'établir les étages supérieurs, on les a placés dans une position verticale pour faire le retour du deuxième et du troisième rang. La distance de la sole aux premiers tuyaux est de 0,45.

Les tuyaux ont 2 m de longueur et 0,22 de diamètre intérieur. Mais comme ils sont allongés par les coudes de 0,66, la longueur totale de l'appareil serait de 2 m 66, si les 2/3 des coudes n'étaient pas compris dans la maçonnerie.

La descente de l'air chaud à la tuyère est une cheminée en briques dont la surface extérieure est recouverte de tôle. — La cheminée de tirage dépasse seulement d'un mètre, la hauteur de l'appareil.

On chauffe l'air à 220°. — Si la température vient à baisser de 25 à 30°, le fourneau produit de la fonte blanche; si au contraire elle s'élève à 240 ou 250,

la fonte devient très-grise et bourrue. Ces effets sont dus évidemment à la nature des minerais qu'on brûle à Loulans (62).

Voici, d'après les registres du fourneau, un état comparatif de deux roulements, l'un à l'air froid, l'autre à l'air chaud, tous deux influencés par la mise en feu et par la mise hors. (Nous avons pris un terme moyen entre trois années).

		Charges		Charbon		Minerais		Produit
Air froid	—	6496	—	6263 hect. 68	—	1757 hect. 60	—	734743 kilog.
Air chaud	—	5317	—	5122 65	—	1890 60	—	800000

Ainsi, le fourneau à l'air froid a consommé 8 kilog. 59 de charbon et 2 kilog. 39 de minerais par mille kilog. de fonte produite, et la charge a rapporté 111 kilog. 50.

Le fourneau à l'air chaud a consommé 6 kilog. 39 de charbon et 2 kilog. 36 de minerais par mille kilog. de fonte produite, et la charge a rapporté 150 kilog. 50.

Le fourneau de Loulans aurait donc eu un bénéfice énorme à marcher au vent chaud. Mais, il reste maintenant à faire la part des inconvénients que présente ce système; c'est ce que nous allons faire après le paragraphe suivant que nous consacrons encore à constater les avantages de l'air chauffé, surtout sous le rapport de la dépense du combustible.

281. — Les deux hauts fourneaux des usines de Bussy près Joinville (Haute-Marne), reçoivent l'air chauffé au moyen d'appareils semblables à celui des fig. 1, 2 et 3 de la pl. 2, mais placés sur la plate-forme des gueulards et disposés l'un contre l'autre, entre les deux fourneaux, de telle sorte qu'une seule cheminée peut suffire, et que le tuyau d'ascension de l'air froid est le même jusqu'auprès des fours où il se divise en deux tubulures qui distribuent le vent dans chaque appareil.

Le vent étant chauffé moyennement à 275°, voici quels furent les résultats que nous mit à même de constater M. François, ancien élève de l'école de Châlons, chargé de la fabrication aux usines de Bussy. — Nous avions la certitude que le fourneau observé était en bonne allure depuis plusieurs mois, et bien que nos calculs ne portent que sur les coulées de quelques jours du mois d'octobre 1842, nous pouvons garantir qu'ils diffèrent bien peu de ceux qu'on pourrait faire sur toute la durée du roulement.

Du 20 au 26 octobre. — 144 charges de 11620 kilog. de charbon et 32400 kilog. de minerais, ont produit — 14815 kilog. de fonte.

D'où la charge a rapporté 102 kilog. avec une consommation de 78,80 pour cent de charbon, quand à l'air froid elle ne rapportait que 97 kilog. avec 106 pour cent de charbon.

282. — On voit par ces faits que le bénéfice du combustible est d'une impor-

tance réelle, lorsqu'on emploie l'air chaud. Les fourneaux eux-mêmes qui ont abandonné ce procédé pour divers motifs, ont tous pour la plupart, été amenés à reconnaître l'économie qui en résulte. — Quant aux conditions de qualité, il n'est pas prouvé que la fonte à l'air chaud doive être préférée à celle à l'air froid. Si quelques objets de moulage, par exemple, les pièces de vaisselle, les petites pièces de machines, les ornements sont coulés plus avantageusement avec la fonte à l'air chaud, il est établi que ce produit ne convient pas pour des pièces mécaniques demandant de la ténacité, pour des objets tels que des cornues, des chaudières à recuire le fil de fer, des cylindres à fabriquer la soude, etc., etc., qui doivent supporter l'effet d'une température élevée et soutenue. — En ce qui concerne la fonte destinée à la fabrication du fer, on a reconnu d'une manière presque générale que celle à l'air froid était plus convenable. — Enfin, on s'était surtout appuyé dans le principe, sur ce que l'air chaud permettait d'employer les combustibles à leur état naturel, c'est-à-dire sans être carbonisés. Et, bien que tous les métallurgistes diffèrent d'opinion sur ce point important, nous connaissons quelques usines qui ont conservé leurs appareils dans ce seul but (1).

---

(1) Des faits du même genre ont été reconnus en Angleterre, et nous croyons ne pas nous éloigner du but de notre ouvrage, en consignant à l'appui de nos assertions, quelques passages d'un rapport de M. *Hartop*, ingénieur civil à Rotherham, sur les propriétés relatives de la fonte à l'air chaud.

Nous empruntons ces détails au numéro de septembre, du Journal des usines, rédigé par M. Viollet :

« En 1825, les usines anglaises consommaient 6000 kilog. de houille réduite en coke pour produire 1000 kilog. de fonte à l'air froid, en sorte que l'économie réelle produite par l'élévation de la température de l'air au degré qui permettait de brûler la houille crue, n'était plus en ce qui concernait la consommation du haut fourneau que l'excès de 6000 kilog. sur 2737 kilog. de houille crue qu'on mettait au mille kilog. de fonte produite à l'air chauffé jusqu'à 315°. — Le compte de l'économie trouvée dans l'emploi de l'air chaud peut donc être fait ainsi :

Economie sur la houille brûlée dans le fourneau, 2263 kilog. pour. . .		14 fr. 13 cent.
Salaire des ouvriers employés à faire le coke.		2 83
Total.		16 fr. 96 cent.
A déduire :		
Surplus de la consommation de la mine 150 kilog. pour. .	1 fr. 57 cent.	6 99
Surplus de l'usure des appareils.	4 38	
Houille employée pour chauffer l'air.	1 04	
Economie par mille kilog. . .		9 fr. 97 cent.

Cette économie doit être augmentée de 5 fr. 75 cent. à cause de l'accroissement de la quantité de fonte produite à l'air chaud, ce qui donne en tout une différence de 15 fr. 72 cent. par mille kilog. — Mais en 1835, la dépréciation des produits à l'air chaud était de 22 fr. par mille kilog. En mars 1842, il en était encore de même.

« M. *Hartop*, a reconnu : 1° Que la fonte à l'air chaud est beaucoup moins résistante contre le

283 — Voici selon nous, quels sont les inconvénients principaux qui résultent de l'emploi de l'air chaud :

1° Si l'on veut conserver au vent la pression utile, on doit augmenter l'effet des machines soufflantes, une partie de cet effet étant anéantie par la circulation rompue de l'air dans les tuyaux et par les fuites de l'appareil, lesquelles, avec tous les soins possibles, on n'évite pas toujours entièrement.

2° On a remarqué que dans bien des hauts fourneaux, la consommation en

---

choc, et qu'elle est par conséquent, tout à fait impropre à la plupart des usages pour lesquels on l'emploie; 2° Que son déchet dans la deuxième fusion, dépasse de dix pour cent celui de la fonte à l'air froid; 3° Que son retrait est entièrement irrégulier; 4° Qu'elle n'est pas saine et que quand on la tourne, on la fore ou on la plane, il arrive souvent que, bien que la surface entière ne soit pas défectueuse, on découvre des défauts si considérables qu'on est obligé de renoncer à finir la pièce.

» M. *Fairbairn* ayant fait des essais de cinquante espèces de barres de fonte dans lesquels chaque couple de barres de fonte à l'air froid et à l'air chaud était fabriqué respectivement avec les mêmes méthodes et dans les mêmes circonstances, a reconnu les résultats suivants : les barres à l'air froid chargées de 178 kilog., ont éprouvé une flexion graduelle qui, dans l'espace de 108 jours, s'est accrue de 0,045 à 0,047, tandis que celle des barres à l'air chaud a varié dans le même tems, de 0,048 à 0,060. — Dans les mêmes expériences, les barres à l'air froid chargées de 203 kilog., ont continué à fléchir et se sont enfin rompues après avoir soutenu le poids pendant trente-cinq jours, tandis que toutes les barres en fonte à l'air chaud se sont brisées au moment où on les chargeait de ce même poids de 203 kilog.

» Des expériences semblables ont encore été faites sur des fontes de différentes usines anglaises et écossaises, et M. *Todd* a trouvé aussi une différence constante en faveur de la ténacité des fontes à l'air froid. — Il a été reconnu de la même manière, que le fer perd encore plus que la fonte dans la marche à l'air chaud (toutes proportions gardées entre ces deux produits).

» Dans un mémoire lu à l'institution des ingénieurs civils, M. *M'neil* rapporte que sur le rail-way de Dublin à Drogheda où l'on emploie des coussinets en fonte d'Écosse à l'air chaud, les fractures sont beaucoup plus nombreuses que sur le chemin de South-Eastern où les chaises sont en fonte à l'air froid. — M. M'neil estime que les dernières payées 100 francs de plus par mille kilog., seraient encore moins chères que les autres. »

Tous ces résultats si bien en rapport avec ceux que nous signalons, accusent d'une manière tellement positive l'inutilité de l'emploi de l'air chaud, qu'on serait tenté de se demander pourquoi l'on conserve les anciens appareils et pourquoi on en établit de nouveaux. Il faut qu'en Angleterre comme en France, on s'attache avant tout au bénéfice du combustible ou à quelques raisons particulières dues à la position des usines, à la nature des minerais, etc., etc. A notre avis, du reste, et nous ne parlons pas seulement de l'air chaud, quelques-uns de nos maîtres de forges imitent un peu les moutons de Panurge, en se jetant à corps perdu dans toutes les nouvelles idées, avant de s'être assurés de leur importance réelle et avant d'avoir pesé mûrement le pour et le contre des procédés qui leur sont présentés comme bons, et que souvent par cette seule raison, ils s'empressent d'adopter. — Que le gouvernement protège le commerce des fers et des fontes en France, en augmentant les droits d'entrée des produits étrangers, que les canaux et les chemins de fer s'achèvent, que la préparation du combustible subisse les améliorations qu'elle exige, et nos usines françaises n'auront pas besoin de demander à l'air chaud des bénéfices qui les mettent en état de soutenir la concurrence de l'Angleterre et de la Belgique.

minerais était augmentée; cette circonstance a lieu surtout lorsqu'on traite des minerais fusibles. En effet, il arrive souvent que la température s'élève à un trop fort degré dans l'ouvrage, et qu'alors une portion du minerai est brûlée avant d'être fondue. Ou bien encore, le point de fusion s'établit trop haut, et la fonte passant très-liquide à la tuyère, subit un déchet considérable par le contact du vent.

3° Sous l'influence de l'air chaud, la fonte devient très-tendre et très-facile à travailler, mais il est rare qu'elle ne perde pas de sa ténacité et qu'elle ne soit pas moins pure. Nous avons principalement recueilli cette observation dans les fourneaux de Varigny et de Loulans (278, 280) où la fonte ordinairement d'une ténacité remarquable a perdu une grande partie de cette qualité. Ce fait nous a d'ailleurs été prouvé d'une manière sensible, quand nous avons vu éclater dans les moules et à leur sortie des moules, des pièces de vaisselle coulées en fonte à l'air chaud dont tous les symptômes annonçaient une qualité de fonte grise qui aurait été d'un excellent usage au vent froid.

4° Les variations de la température qui doit toujours être conservée au degré voulu pour un bon chauffage, variations qui sont fréquentes surtout lorsque les tuyères ne sont pas hermétiquement fermées, occasionnent des dérangements d'autant plus dangereux pour le fourneau, qu'il marche à l'air chauffé. — Nous nous sommes assurés, par de nombreuses comparaisons, que la fonte au vent chaud était constamment inférieure à celle produite au vent froid dans une circonstance semblable.

5° Le grand développement de la température amène aussi la destruction plus rapide de l'ouvrage. — De là, la nécessité de multiplier les mises hors et par suite les mises en feu qui ne laissent pas que d'être fort coûteuses, quels que soient les soins et l'économie apportés par le fabricant.

6° Les dépenses produites par la construction et l'entretien des appareils, sont aussi fort à considérer. L'intérêt de la mise de fonds appliquée à ces appareils doit nécessairement être placé dans la balance et diminuer d'autant à la fin de l'année les bénéfices que le maître de forges attend de l'emploi de l'air chaud.

284. — Les raisons que nous venons d'exposer ont été si bien senties par un grand nombre de propriétaires d'usines, qu'ils ont dû renoncer à l'application de l'air chauffé qui leur avait souri d'abord. Quant à nous, nous croyons que pour utiliser ce procédé avec quelques avantages, il faut d'abord être placé dans les conditions suivantes :

1° Avoir une machine soufflante d'une grande puissance.

2° Acheter les combustibles à un prix très-élevé.

3° Traiter des minerais réfractaires.

285. — Nous avons essayé à plusieurs reprises, de régulariser la marche d'un haut fourneau travaillant pour le moulage, en soufflant alternativement à l'air

chaud quand la fonte menaçait d'être blanche, et à l'air froid quand elle devenait par trop grise.

Ce moyen qui peut réussir à changer la nature de la fonte, est trop défectueux pour qu'on songe à l'utiliser souvent. Il augmente la consommation et il menace d'amener des dérangements plus à craindre qu'une coulée de fonte blanche ou de fonte trop grise. L'expérience et le raisonnement sont d'ailleurs les premiers guides du fondeur, lorsqu'il se trouve en présence de circonstances nécessitant l'emploi de pareils remèdes.

Il est cependant nécessaire d'établir les tuyaux de distribution aux tuyères, de telle sorte qu'on puisse marcher à volonté au vent froid ou au vent chaud. L'usage des robinets que nous avons décrits (167), est alors indispensable.

286. — *Expériences faites dans le but d'améliorer le travail des hauts fourneaux.* — Outre l'emploi de l'air chaud, on a encore essayé d'apporter une économie dans la consommation du combustible :

1° Par l'injection de la vapeur d'eau aux tuyères. On espérait que cette vapeur d'eau, sous l'influence de la haute température de l'ouvrage, subirait une violente décomposition et fournirait une certaine quantité d'oxigène dont la présence aurait aidé la combustion. Ces essais qui ont été faits principalement en Angleterre n'ont pas réussi. On a reconnu que la vapeur d'eau lancée même à un degré de chaleur considérable, tendait plutôt à étouffer le feu et à refroidir l'intérieur du creuset.

2° Par l'insufflation dans l'ouvrage, d'une dose déterminée de poussière de charbon. Cette manœuvre qui était basée comme la précédente sur une décomposition présumée, devait augmenter la température du foyer et bonifier la nature de la fonte par une addition de carbone. — On n'a fait encore que des essais imparfaits, et il est plus que présumable qu'on n'arrivera pas par cette méthode, à amener des modifications utiles au travail des hauts fourneaux. — C'est ainsi qu'on s'est servi dans quelques usines du département de la Haute-Marne, du *carbonofère* ou machine à insuffler le charbon. On avait placé sur le porte-buse, un robinet dont l'intérieur recevait la poussière de charbon déposée dans une trémie qui le surmontait. Un moteur quelconque faisait fonctionner la clef du robinet, qui pourvue de trois ouvertures, distribuait par intervalles égaux, le poussier que le vent entraînait à la tuyère, au moment de son passage dans la buse. Les appareils carbonofères dont M. Corbin, leur inventeur, fit confectionner une partie dans les ateliers de l'école de Châlons, ne donnèrent pas les résultats sur lesquels on avait compté ; et l'insufflation du charbon ne tendit qu'à refroidir le fourneau, qu'à rendre la fonte de mauvaise nature et qu'à déranger entr'autres le travail des usines de Bussy, dont les produits étaient assez beaux (281), sans qu'il fût besoin de l'application d'un procédé qui n'était rien moins que douteux.

287. — Mais les expériences les plus sérieuses, celles qu'on a dû et qu'on devra suivre avec une persévérance de tous les instants, ce sont celles qui s'appuient sur l'emploi des combustibles dans les hauts fourneaux. C'est là, à notre avis, qu'il y a véritablement à faire, et quand on aura pu, après avoir amélioré les méthodes de carbonisation ou après avoir changé les formes et les dimensions des appareils qui existent aujourd'hui, employer les combustibles à leur état le plus favorable, on aura bien certainement atteint le but d'économie et de perfection qu'on recherche si avidement depuis plusieurs années.

Nous avons déjà précédemment dans nos paragraphes 94 à 135, abordé quelques questions importantes sur la carbonisation et sur l'emploi des combustibles. Nous nous bornerons maintenant à constater quelques résultats obtenus à la suite d'essais opérés dans diverses usines, et nous consignerons ces résultats avec d'autant plus de plaisir qu'ils sont pour nous la preuve d'un progrès qui ne peut pas tarder à se faire plus efficacement sentir.

288. — Le travail suivant est celui du haut fourneau de Chéhéry (Ardennes) en novembre 1841. — On marchait à l'air chaud avec des bois torréfiés ou fortement desséchés en forets par le procédé dont il a été question (122). Nous ferons remarquer que ce travail n'est pas aussi beau qu'il devrait l'être à cause du mauvais tems qui n'a pas cessé à cette époque, et parce que les bois employés étaient restés gisants dans les coupes et exposés à la pluie pendant trois mois.

Nous savons que depuis ce moment, les propriétaires de Chéhéry ont été à même de reconnaître une réussite plus complète.

— 1536 charges composées de 768 rasses de charbon d'un hectolitre, ou 768 hect. et de 9982 rasses de bois torréfié ou 415 cordes 91 (doubles stères) qui ont mis en fusion 7819 baches de minerais pesant 30 kilog. et cubant ensemble 1420 hect. du poids de 234570 kilog. ont produit 92595 kilog. de fonte.

On aurait donc fabriqué le mille kilog. de fonte avec 8 hect. 29 de charbon et 4 cordes 49 de bois torréfié, résultats qui donnent sur le travail des trains précédents au charbon de bois, un bénéfice de plus de 1/4.

Le vent n'était chauffé en moyenne qu'à 220°°, parce que l'appareil était encombré de folle mine.

En général avec cette marche, la fonte se maintient grise sans limaille et très-nerveuse. Il est difficile d'obtenir des fontes blanches. Un dérangement dans l'allure dure deux jours, mais il est rare qu'on ne parvienne pas à les éviter. On pense que la présence du vent chaud est nécessaire, et plusieurs fois lorsqu'on a essayé de le supprimer momentanément, on a remarqué un refroidissement si sensible qu'on était obligé de remplacer sur-le-champ une partie de la charge en bois torréfié par du charbon. Il n'y a jamais d'embarras à la tuyère, et les chutes de mines sont peu fréquentes; mais dans ces moments, un abaissement de température dans le vent serait fort dangereux. Le travail du

creuset est très facile et les fondeurs ne se servent que rarement du ringard ; on fait en sorte que la flamme ne passe sous la tympe en aucun tems.

289. — Au fourneau de Haraucourt (près de Sedan) on emploie aussi le bois torréfié pour produire plus de fontes en moulages qu'à celui de Chéhéry dont une grande partie de la fabrication est destinée aux forges. En introduisant dans les charges, 2/3 en volume environ de bois torréfié par la méthode de M. Houzeau-Muiron, on obtient une économie de 1/6, la nature de la fonte restant d'ailleurs toujours la même et l'allure du fourneau se présentant meilleure et plus régulière.

L'emploi du bois en nature, c'est-à-dire sans être carbonisé ni même séché, paraît ne devoir pas offrir autant de garanties que celui du bois torréfié. En effet, il faut pour qu'on puisse profiter de tout le calorique que doit comporter le bois, que la carbonisation ait lieu en tems utile à une certaine hauteur de la cuve ; mais la température tend à s'élever vers le gueulard aux dépens des régions inférieures du fourneau, et de là, la difficulté d'obtenir des fontes chaudes. Mais si l'on a l'avantage de pouvoir profiter dans l'emploi du bois torréfié, d'une partie de la carbonisation faite par avance, quelques métallurgistes sont d'avis que les vapeurs dégagées par le bois vert, tendent à conserver aux charges une certaine humidité vers le gueulard, et à favoriser la carbonisation dans la cuve. Il serait donc très difficile en calculant toutes les chances qui s'établissent pour ou contre les deux procédés, de se prononcer en faveur de l'un d'eux.

On ne peut que s'en rapporter aux faits qui existent, et il est reconnu que dans la plupart des usines, on a renoncé quant à présent, à l'emploi du bois vert, et que le bois torréfié continue à être brûlé avantageusement dans plusieurs hauts fourneaux. — L'abandon du premier système est dû sans doute, presque généralement, aux dépenses qu'occasionne le transport du bois, des forêts sur les lieux de fabrication. Cependant, nous savons que les usines de Loulans et plusieurs autres de la Comté, qui ont mêlé dans leurs charges jusqu'à 1/4 de bois vert tel qu'il sortait des coupes, ont renoncé à leurs essais, parce que les fontes perdaient de leur qualité et parce que la marche des fourneaux devenait très irrégulière.

290. — La pénurie de bois qui s'est fait sentir depuis quelques années dans les forges de la Champagne, a dû soulever la nécessité d'employer le coke, bien que ce combustible qu'on tirait des houillères de Prusse, coûtât fort cher à cause des moyens de communication. On n'a pu parvenir à brûler le coke seul, parce que les appareils construits pour marcher spécialement au charbon de bois étaient de dimensions trop faibles. Mais les essais de coke mélangé avec une certaine proportion de charbon ont bien réussi dans quelques usines.

M. Vivenot-Lamy a fait en 1838 un fondage à Champigneules avec 1/3 charbon et 2/3 coke ; il a même marché pendant quelque tems au coke seul. — Les produits qu'il obtenait ainsi étaient destinés à la fabrication du fer, et il a fallu

qu'il fît de grands sacrifices pour s'en défaire, parce qu'il fut reconnu que la fonte avait perdu de son nerf. — Mais bien que la fonte au coke doive être toujours de moindre qualité que celle au charbon de bois, il est probable que M. Vivenot aurait eu de meilleurs résultats, si l'allure du fourneau n'eût pas été souvent dérangée, ce qu'on doit attribuer à l'emploi d'une trop forte proportion de coke pour un appareil de peu de hauteur, même pour marcher au charbon de bois (1).

291. — Nous avons pu nous assurer par nous-mêmes qu'il est facile d'obtenir de bons produits avec un mélange de coke et de charbon de bois, fait dans des proportions convenables. Nous avons obtenu au haut fourneau de l'Abbaye, un fort bon train avec 1/1 de coke mêlé à la charge. Mais pour ne pas déranger l'allure, il nous fallut procéder par très petites quantités avant d'arriver au maximum du mélange. Les précautions à prendre pour obtenir tout l'effet utile d'une charge composée de coke et de charbon de bois, ne sont point indifférentes, et bien des maîtres de forges se sont vus forcés de renoncer à leurs essais, faute d'avoir bien raisonné les effets qui doivent résulter d'un tel mélange.

Voici ce que nous avons reconnu de concert avec M. Grosjean-Roussel, propriétaire du fourneau d'Evaux :

Il faut éviter de charger les deux combustibles séparément, et il est nécessaire que la proportion de coke soit répartie sur chacune des rasses qui forment la charge et même bien mélangée avec les charbons.

Pour rendre le mélange aussi homogène que possible, il est essentiel que le coke soit concassé en fragments assez petits pour que chacun d'eux soit brûlé dans le même tems que les morceaux les plus gros de charbon de bois. En effet, si l'on charge le coke trop gros, ce combustible arrive à la tuyère avec une certaine épaisseur seulement en combustion, et le fondeur retire son noyau par l'avant-creuset, sans qu'il ait produit d'effet, tandis que le charbon de bois a été entièrement consumé.

Lorsqu'on a disposé les fragments de combustible de manière à leur faire rendre à chacun tout le calorique qu'on doit en attendre, il faut avoir égard à la pression du vent et la disposer de telle sorte qu'elle convienne à la densité commune, c'est-à-dire qu'elle soit moindre que quand on brûle du coke seul, et qu'elle soit plus forte que si les charges se faisaient au charbon de bois.

---

(1) Le haut fourneau de Champigneules a 8 mètres de hauteur. — Le minerai qu'on y fond, se compose d'après les analyses de M. Sauvage ingénieur des mines, de silice 0,13, calamine 0,06, fer 0,45 à 0,50. — On le charge au fourneau en petits grains de forme irrégulière et mélangés de fragments de quartz.

On peut juger des refroidissements du fourneau, lorsque les fondeurs retirent pendant le travail, une grande quantité de coke non consumé. Il est alors utile de charger des fragments plus petits ou de réduire pendant l'espace de quelques coulées, la proportion de ce combustible qu'on ajoute à chaque charge.

En opérant de cette manière, nous obtenions de la fonte chaude, grise et convenable pour un grand nombre d'objets moulés avec une économie de 15 à 16 fr. par mille kilogrammes. — Depuis cette époque, l'usine ayant eu à exécuter des travaux qui exigeaient une excellente nature de fonte, on abandonna l'usage du coke, d'autant plus qu'on avait trouvé à s'approvisionner de charbons de bois à bon compte, pour un roulement ou deux. Mais nous sommes certains que M. Grosjean-Roussel qui est un de nos plus habiles maîtres de forges et un de ceux qui comprennent le mieux les perfectionnements qu'on peut apporter aux usines à fer, reprendra la suite de ces essais qui furent si heureusement commencés et qui lui servirent à dresser une théorie fort bien conçue de l'emploi du coke mélangé au charbon de bois, théorie que nous regrettons de ne pas pouvoir produire ici.

292. — Il ne nous reste plus que quelques mots à dire, sur l'emploi de la houille en nature et de l'anthracite dans les hauts fourneaux. Nous avons déjà constaté (132) que l'anthracite n'avait pas encore donné de résultats sérieux. — Il est certain que la houille, dans certains fourneaux, peut être utilisée avantageusement sans être carbonisée; mais il faut pour cela que ce combustible ne soit pas trop bitumineux ou trop collant, qu'il ne soit pas trop friable et par suite trop disposé à se comprimer, enfin qu'il soit chargé en morceaux aussi gros que possible. C'est ainsi qu'à Decazeville (Aveyron) on a pu réussir à marcher totalement à la houille, sans aucun changement notable dans l'allure du fourneau, dans la qualité et dans la quantité des produits. Au Creusot et à Alais, on est parvenu seulement à composer les charges de 1/2 de houille crue et 1/2 de coke. Aux usines de Vienne, de Lavoulte et de Terre-Noire, il a été reconnu après plusieurs expériences, qu'il était impossible de brûler crue, la houille des environs de ces usines, au moins avec les fourneaux dont on dispose actuellement.

293. — On parlait dernièrement, comme d'un combustible du quel on devait attendre un grand effet calorifique, de la tourbe vitrifiée. Les expériences avaient été faites dans les tourbières des marais de Saint-Gond (entre Vitry-le-Français et Châlons-sur-Marne). Et l'on disait que, soumise à une haute température, la tourbe entrait en fusion et formait une masse compacte dont l'usage devait être plus avantageux que tous les combustibles connus. Il ne nous est parvenu depuis ce tems, aucuns renseignements nouveaux susceptibles de confirmer les brillants résultats qu'avaient fait présager les comptes rendus du *Moniteur industriel* et de *l'Ancre*, journal de *Saint-Dizier*, spécialement rédigé pour l'industrie du fer.

Dans tous les cas, il est douteux que l'emploi de la tourbe vitrifiée, comme celui de la houille en nature et de l'anthracite, puisse être convenable dans les hauts fourneaux dont la spécialité est de produire des fontes moulées, au moins avec les appareils connus. La fonte à fer n'exige pas comme on le sait, puisque des préparations nombreuses l'attendent encore avant qu'elle soit livrée au commerce, des qualités de douceur, de ténacité et de pureté, comme celle qui est destinée à reproduire les objets qui sont confiés au moulage. On doit donc accorder à la production de cette dernière des soins tout particuliers, et, si l'on pouvait arriver à produire pour remplir les moules, de la fonte qui, outre ses propriétés habituelles, aurait une ténacité qui s'approcherait de celle du fer, il est plus que probable que bientôt l'art des forges n'aurait que peu à faire pour la construction des machines.

Deuxième Section.

REFONTE DU FER CRU DANS LES FOURNEAUX DE DEUXIÈME FUSION.

294. — Ainsi que nous l'avons dit dans notre exposition, on refond le fer coulé provenant des hauts fourneaux, dans les fourneaux à wilkinsons appelés aussi cubilots ou fourneaux à manches, dans les fours à reverbère et dans les fours à creusets.

La fusion qui a lieu dans les cubilots est celle dont les opérations se rapprochent le plus du travail des hauts fourneaux. Les cubilots sont activés par des machines soufflantes, et la fonte produite par les charges alternées du métal et du combustible se rend dans la partie inférieure de la cuve, d'où elle est tirée par faibles portions ou par quantités considérables, suivant les besoins des mouleurs.

Dans les fours à reverbère, la fonte qui n'est pas mise en contact avec le combustible, est placée sur une sole inclinée où l'atteinte de la flamme opère sa fusion et la fait s'écouler dans un creuset disposé à l'une des extrémités de la sole, soit au-dessous de l'orifice d'une très-haute cheminée de tirage, soit près de la grille de chauffage elle-même.

Les fourneaux à creusets ont une forme intérieure prismatique ou cylindrique. Le métal y est fondu dans des creusets couverts entourés par le combustible. Ces fourneaux sont alimentés par le vent d'un soufflet ou simplement par un courant d'air.

DES WILKINSONS, CUBILOTS OU FOURS A MANCHES.

295. — *De la fonte à employer.* — En général, la fonte qui sort des hauts fourneaux indique par elle même quelle sera la nature de celle qui résultera d'une refonte. Si cette fonte est d'abord dure, cassante et contient des parties de soufre ou de phosphore, elle ne pourra pas acquérir à la deuxième fusion les qualités qui lui manquent. C'est par cette raison, qu'une grande partie de nos hauts fourneaux en moulages sont forcés, pour utiliser leurs bocages et leurs saumons, de faire des mélanges indispensables avec des fontes d'une qualité reconnue, telles que les fontes d'Angleterre, de Franche-Comté ou de Belgique. En effet, la destination principale des produits de la deuxième fusion est affectée aux pièces de machines et aux objets qui doivent offrir une certaine résistance, et il existe bien des hauts fourneaux qui, quoiqu'ils confectionnent parfaitement les ornements plats et la sablerie, ne donnent pas des fontes qui conviennent à cette application.

La fonte noire produite par des minerais fusibles dans des ouvrages élevés et étroits peut être refondue avec avantages dans les cubilots et ne pas augmenter de dureté. Il n'en est pas de même de la fonte qui provient de minerais réfractaires; celle-ci contient moins de carbone et conserve plus de silice que la première, circonstances qui rendent sa fusion moins complète et qui contribuent à altérer sa qualité, si l'on n'a soin surtout d'augmenter le combustible par rapport à la dose du métal.

La fonte phosphoreuse reste assez liquide après la fusion, quand même elle est un peu blanche. — La fonte qui est peu riche en carbone est très-réfractaire; elle demeure épaisse et se refroidit promptement.

296.—Il serait inutile de dire que les fontes grises (saumons et bocages) qui sont la suite d'un dérangement du fourneau conviennent peu pour la deuxième fusion. On ne doit les employer que quand on n'en a pas d'autres et pour couler les gros objets destinés aux mécaniciens; on est obligé alors de les mélanger avec une proportion considérable de fontes d'une nature supérieure.

A fortiori, un mélange semblable, mais en dose plus forte de *bonne fonte*, doit exister lorsque l'on fait usage des bocages blancs ou truités. (Nous ne parlons pas des gueuses ou saumons blancs, parce qu'il est généralement plus avantageux de les consacrer à la fabrication du fer).

Lorsqu'une fonte a subi un certain nombre de fusions, elle se trouve entièrement dénaturée; il vaut mieux alors qu'on la destine à la forge, plutôt que de persister à la refondre.

297. — La fonte blanche liquéfiée dans un cubilot ne pourrait produire de la fonte grise qu'en occasionnant une grande dépense de combustible et en menaçant d'entraîner la ruine des parois. Il faut donc renoncer à cette opération qui est toujours très-dispendieuse et qui ne présente d'ailleurs que de mauvais résultats.

De toutes les fontes blanches, c'est celle qu'on rencontre avec une cassure grenue qui est la moins propre à la deuxième fusion; elle est pâteuse, se fige promptement et peut causer les obstructions du creuset, si sa température n'est pas portée à un point très-élevé par une addition de coke.

298. — Quoiqu'on vende à très bas prix les objets coulés en fonte blanche, tels que les contre-poids, les poids d'horloge, etc., etc., on peut encore les fabriquer avec bénéfices dans les fourneaux de refonte, si l'on emploie des bocages blancs menus qui peuvent être fondus avec peu de combustible. — Les fondeurs aux cubilots ont l'habitude d'utiliser la haute température qui règne dans la cuve, lorsqu'ils ont cessé les opérations du fondage, en jetant sur les dernières charges une assez grande quantité de grenailles amassées dans l'usine, ou de menus jets qui sont fondus sans addition de charbon et qui servent à couler les objets dont nous avons parlé.

299. — Avant de refondre le fer cru, il est bon de le nettoyer et d'enlever avec soin le sable ou la terre que le moulage a laissés à sa surface. Autrement, on risquerait d'augmenter le déchet et de voir la cuve s'engorger par un laitier très visqueux provenant de ces matières vitrifiées. Dans les hauts fourneaux, on ne manque pas de faire soigneusement raper tous les bocages destinés à la deuxième fusion; cette besogne est confiée ordinairement à des femmes ou à des enfants qu'on paye à raison de 0,60 à 0,70^{c} par mille kilogrammes, prix dans lequel on comprend l'enlèvement hors de la sablerie et la rentrée en parc. — Il serait à désirer que toutes les fonderies de deuxième fusion prissent le parti d'adopter une mesure aussi utile.

300. — *Du coke.* — La plupart des fonderies de l'Est et du Midi de la France achètent le coke tout confectionné sur place, dans les houillères de Sarrebruck, de Saint-Ingbert, de Duntvillers, de Saint-Étienne, de Rive de Gier, etc., etc., parce que les transports s'exécutent par voie de terre à peu de frais et en peu de tems; mais cette méthode est impraticable pour un grand nombre d'usines éloignées des houillères; en effet le coke qui occupe un très grand espace pour un poids peu considérable, formerait des chargements très-volumineux qui n'arriveraient à leur destination qu'avec beaucoup de fraisil, quand il reste longtems en route; on aurait à craindre, outre cela, l'effet nuisible de l'humidité à laquelle il serait exposé par un séjour trop prolongé à l'air.

301. — Nous avons réservé pour cette section, la carbonisation en fours clos, de la houille que consomment les usines de deuxième fusion. Il conviendra donc que nous nous occupions spécialement de cette fabrication, sans parler davantage des procédés mis en usage pour préparer le coke sur une grande échelle.

Les fours à carboniser la houille sont formés par une sole ovale ou circulaire recouverte d'une voûte très-surbaissée; ils ressemblent aux fours des boulangers. On charge la houille par une porte disposée à cet effet, et on l'entassesur la sole à une épaisseur d'environ 15 à 20 centimètres. Lorsqu'on a mis le feu, on bouche hermétiquement l'ouverture de chargement, et on n'introduit dans le four que la quantité d'air nécessaire pour entretenir la combustion.

On laisse brûler jusqu'à ce qu'on n'aperçoive plus aucune apparence de flamme ou de fumée, et jusqu'à ce que la houille se recouvre de cendres blanches; on retire alors le coke au moyen d'une pelle en fer, et on le pose sur le sol en ayant soin de conserver les morceaux à leur plus forte grosseur. On l'éteint ensuite avec de l'eau et on ne le rentre en halle qu'après l'avoir laissé refroidir pendant quelque tems à l'air. Il n'est pas nécessaire d'allumer de nouveau la houille qui s'enflamme d'elle-même lorsqu'on recommence l'opération, le fourneau ayant acquis une température assez élevée.

La durée de la combustion est naturellement déterminée par la nature de la houille, la direction du vent, l'état de l'atmosphère, etc., etc.; mais dans les fours ordinaires, on a pu remarquer que chaque cuite dure environ huit à dix heures. La première fournée est ordinairement moins productive que les suivantes, parce qu'à la mise en feu, la combustion se propage très-inégalement à travers la masse du combustible.

Pour cette même cause, on fera bien de faire cette première opération avec de la houille en gros morceaux, parce que la poussière se consumerait presqu'entièrement avant que le fourneau ne fût échauffé.

302. — Si l'on emploie des fours très-grands, on donne ordinairement à la sole un contour ovale et on dispose une porte à chaque extrémité. On est obligé de chauffer ces fours avec du bois ou de la houille en gros morceaux, avant de les charger, parce qu'il faudrait trop de tems pour que le feu fût répandu partout et parce que le coke subirait un déchet considérable.

On charge le four jusqu'au milieu par une des portes et on achève de le remplir par le côté opposé.

Lorsque la carbonisation est terminée, on ouvre un des orifices et on retire la moitié du coke qu'on remplace de suite par de la houille; après quoi on opère pour l'autre moitié de la même manière.

On pratique aux portes ou à toute autre partie du four des petites ouvertures destinées à donner accès à l'air atmosphérique; on doit les fermer quand toute la masse est embrâsée. — C'est à l'introduction de l'air dans les fours que l'ou-

vrier chargé de la fabrication du coke, doit porter toute son attention, car une combustion trop vive ou trop prolongée est toujours une cause de déchet.

303. — On a trouvé moyen d'utiliser la chaleur perdue des fours à coke, en le transportant dans des étuves où l'on fait sécher des moules et des noyaux. (*Les fig.* 1, 2, 3 *et* 4 *de la pl.* 9) indiquent un four à coke échauffant une étuve. Cet appareil est construit à l'usine royale d'*Indret*, près *Nantes* (*Loire-Inférieure*).

La fig. 1 donne une coupe générale prise en longueur de l'étuve et du four à coke. On peut y remarquer deux registres *m* et *n* dont la manœuvre simultanée permet d'introduire la flamme du four à coke dans l'étuve ou de laisser échapper directement dans la cheminée placée sur le four. — La fig. 2 est la moitié du plan de la figure précédente. — La fig. 3 représente l'étuve sans le four à coke; on y reconnaît l'ouverture A, qui sert à l'introduction de la chaleur dans l'étuve et les deux orifices BB avec leurs cheminées qui servent à l'échappement des gaz. — Chacune de ces cheminées a $6^m,25$ de hauteur.

La fig. 4 donne le four à coke seul. — La portière de ce four est en fonte; elle glisse entre deux rainures et elle est soulevée au moyen d'un lévier et d'une chaîne. La cheminée est élevée de $5^m,375$. Comme l'indique le dessin, la sole est ovale et la cheminée est placée au point culminant de la voûte.

La construction de l'étuve est faite en pierres de grès; celle du four à coke est en briques.

304. — Voici quelques renseignements sur le travail du four à coke précédent.

On emploie de préférence pour la carbonisation, la houille de Saint-Étienne. Différents essais ont été faits avec quelques houilles grasses d'Angleterre et avec la houille de Mons (Belgique) et on a constamment obtenu un déchet plus fort et une qualité moins bonne, qu'en opérant avec celle de Saint-Etienne. Cette dernière qui est, comme on sait, très-menue, peut s'entasser plus facilement sur la sole des fours, s'enflamme plus uniformément dans toute sa masse, et par cela même subit une épuration plus complète, tandis que les premières qui sont en gros morceaux doivent brûler plus longtems pour fournir un coke de bonne qualité et ne s'épurent entièrement qu'aux dépens du produit.

Pour chauffer le four à coke avant la première fournée, il faut ordinairement dix-huit ou vingt fagots et un hectolitre de charbon de bois. On fait par vingt-quatre heures une seule cuite de onze hectolitres de houille dont on retire seize à dix-sept hect. de coke.

Le tableau suivant donne les résultats de trois différents essais faits dans le four à coke d'Indret sur des quantités semblables en volume et dans des tems égaux :

LIEUX d'où proviennent les houilles.	CONSOMMATION.		PRODUIT.			PERTE en POIDS, LES CENDRES déduites.	AUGMENTATION en hectolitres.	PRODUIT de l'hectolitre de houille.	
			COKE.		cendres				
	hect.	kilog.	hect.	kilog	kilog.			en hect.	en kilog.
Saint Étienne.	105	7800	158	4740	354	2707	53	1,50	45,14
Mons.	105	8085	123	4250	298	3537	18	1,17	40,47
Angleterre (*houille dite kilkenni.*)	105	7560	118	4245	315	3000	13	1,12	40,42

305. — Le succès des opérations du fondeur dépend essentiellement de la bonne qualité du coke. Un coke lourd, pyriteux et dont le milieu est mal ou n'est pas épuré donne toujours de la fonte blanche; un coke trop cuit ou trop boursoufflé s'écrase, quand surtout il est chargé dans des fourneaux élevés, et forme une poussière qui nuit aux progrès de la fusion.

Il est important que la carbonisation soit toujours faite à point, et il ne faut pas négliger d'arroser d'eau, le coke en ignition, à sa sortie des fours; l'expérience a démontré que cet arrosage contribue à chasser une partie du soufre que le coke conserve encore.

Comme pour le charbon de bois, on doit éviter de briser le coke en le tirant des fourneaux, en le rentrant dans les magasins, etc., etc., parce que de trop petits morceaux influent toujours sur le fondage. C'est à cause de cela et parce qu'il retient toujours une plus grande quantité de soufre que s'il était fabriqué dans les fourneaux, que le coke provenant de la distillation dans les usines à gaz, ne convient pas pour les fondeurs aux wilkinsons. On pourrait tout au plus l'employer au chauffage des fours à creusets.

306. — Dans un grand nombre de cas, il serait plus avantageux d'employer le coke cuit en plein air; mais nous avons expliqué qu'il n'était pas toujours facile de s'en procurer à des conditions favorables.

Les houilles très-sulfureuses donnent ordinairement de mauvais coke quand elles sont carbonisées dans les fourneaux. On traite avec plus de succès par la carbonisation en tas, les houilles qui ne se gonflent pas et qui donnent un coke dur et pesant, tandis que celles qui sont un peu grasses et qui se boursoufflent aisément fourniraient du coke plus dense et en plus grande quantité, si elles étaient carbonisées dans les fours.

Le coke de bonne qualité est déterminé par une cassure mate, par une couleur d'un noir-grisâtre; il jette un faible éclat soyeux, et s'il résulte de la houille grasse, il offre un aspect coulé. En général chaque espèce de coke a une porosité qui lui

est particulière. Le coke pesant se présente ordinairement sous une forme cubique ou allongée; le coke boursouflé ressemble assez aux éponges ou à certaines excroissances végétales.

Les cokes conservés en gros morceaux sont ordinairement les plus purs. Il est nécessaire de mettre à part, afin de ne pas les destiner au fondage, les morceaux qui contiennent encore des anthracites, ou des pierres, ou des parties d'argile schisteuse. Un seul de ces morceaux jeté dans un cubilot où son influence serait infiniment plus sensible que dans un haut fourneau, suffirait pour compromettre le résultat de la fusion.

307. — *Machines soufflantes appliquées spécialement aux cubilots.* — Les machines soufflantes que nous avons décrites précédemment, sont non seulement applicables aux hauts fourneaux, mais encore aux cubilots. Ainsi, trois cubilots de la fonderie d'Indret étaient alimentés par le vent qui s'échappait d'un cylindre creux dans lequel se mouvait un piston portant deux soupapes, et dont la course était de 0,60. Cette soufflerie qui n'était rien autre qu'une pompe à fouler l'air, était mise en mouvement par une machine à vapeur de la force de 4 chevaux; elle fournissait aux trois fourneaux qu'elle soufflait, 1^{mc}6956 d'air à chaque coup de piston, et cet air entrait aux tuyères avec une pression de six centimètres au manomètre à mercure.

Dans un grand nombre de fonderies, on a longtems fait usage, pour alimenter les wilkinsons, des gros soufflets de forge mus par des roues hydrauliques, lorsqu'on pouvait disposer de cours d'eau, et par des manèges dans le cas contraire. Les fourneaux de la fonderie de l'école de Châlons-sur-Marne ont reçu l'air pendant plusieurs années, de deux soufflets mis en jeu par un système de cammes que faisait marcher un manège à deux chevaux. Une roue massive en fonte qui tournait en roulant dans un cercle à rainures, était adaptée au manège et servait à broyer le charbon pour faire le *poussier* ou *noir* à l'usage des mouleurs. Cette soufflerie a été remplacée depuis peu de tems, d'une manière plus avantageuse, par un ventilateur.

308. — Le ventilateur est une machine tellement simple et si peu coûteuse, qu'elle est aujourd'hui mise en usage dans la plus grande partie de nos fonderies de deuxième fusion, où elle a pris la place des soufflets qui sont presque toujours défectueux.

Tout le monde construit aujourd'hui des ventilateurs, et il serait superflu d'entrer dans de longs détails sur ce mode de soufflerie. Les trois fig. 1, 2 et 3 de la planche 7 seront suffisantes pour indiquer les dispositions adoptées généralement (1).

---

(1) Les ventilateurs ont non-seulement rendu d'utiles services aux fonderies; mais les forges

La fig. 1, est une vue du ventilateur sur l'un des côtés. — Les traverses *m* et *n* qui sont placées à l'extérieur, font partie des plaques de côté et supportent les coussinets. L'ouverture circulaire *k* qui est pratiquée au milieu de chacune des plaques, est destinée à introduire l'air dans le ventilateur. Cette ouverture et celle d'expiration *p* doivent être calculées d'après la grandeur des fourneaux que l'on veut approvisionner d'air; elles seules règlent toutes les autres dimensions de la machine.

La fig. 3, donne le plan du ventilateur, une partie de l'enveloppe étant supprimée. — On y retrouve le croisillon à ailettes qui est déjà indiqué par des lignes ponctuées dans la fig. précédente. — L'effet du ventilateur dépend de la vitesse de ce croisillon, sur lequel sont montées des palettes en tôle, qui amassent et chassent l'air. La poulie *r* sert à transmettre le mouvement; son diamètre peut être modifié suivant les dispositions à prendre pour obtenir la vitesse voulue.

La caisse du ventilateur est formée par deux plaques de côté en fonte, ajustées sur une plaque de fond aussi en fonte, et jointes par des rivets à une enveloppe circulaire en tôle.

309. Pour ne pas perdre une partie de l'effet du ventilateur, il ne faut pas oublier les précautions essentielles que voici :

Le croisillon doit faire au moins 1200 à 1500 tours, mais pas plus de 1800 tours par minute; au delà de ce chiffre on emploierait une force inutile sans augmenter l'effet. Pour ménager la dépense du travail moteur, on conçoit qu'il est nécessaire de calculer avec soin les dimensions et le rapport des poulies ou des engrenages qui doivent donner la vitesse. Nous ne pouvons pas nous étendre sur les proportions à établir en pareil cas, parce qu'elles sont commandées par la disposition des lieux; mais nous insistons sur les soins à prendre pour organiser la transmission du mouvement, parce que nous avons vu malheureusement dans un grand nombre de fonderies, des ventilateurs qui dépensaient le double de la force nécessaire pour leur faire rendre l'effet attendu.

Le conduit *a* doit présenter un orifice aussi grand que celui de l'expiration et même un peu plus grand s'il est possible. Il est nécessaire d'arrondir tous les angles de la conduite d'air jusqu'aux buses, afin de faciliter l'échappement du vent qui doit s'écouler sans pression, et qui refluerait par les ouvertures d'aspi-

leur sont encore redevables d'un soufflement régulier et économique. Tous les grands ateliers de construction alimentent aujourd'hui leurs feux de forges au moyen des ventilateurs. Il est fâcheux qu'il n'en soit pas de même des hauts fourneaux, pour lesquels ces modes de soufflerie ne seront pas facilement adoptés, parce qu'ils ne peuvent fournir le vent qu'avec une pression presque nulle.

ration, s'il était gêné dans sa marche. Les conduits d'air sont ordinairement construits en briques ajustées et cimentées avec soin.

Pour que le vent expiré soit convenablement absorbé par le fourneau, il faut employer des buses d'un très grand diamètre, de huit à quinze centimètres, par exemple, suivant la capacité des cubilots. On fait souvent usage pour obtenir une plus forte expansion de vent, de deux buses placées l'une au-dessus de l'autre.

Dans les conditions que nous venons d'énoncer, un ventilateur bien construit peut fondre 1000 à 1200 kilog. à l'heure.

310. — Nous avons vu fonctionner avec succès, à la fonderie de M. *Kœklin* à Mulhouse, une cagnardelle ou vis soufflante, inventée par M. *Cagnard de la Tour*. C'est une vis d'archimède construite en tôle et qui tourne inclinée dans une caisse remplie d'eau à une hauteur déterminée, de telle sorte que la moitié de l'appareil se trouve dans l'eau et l'autre moitié hors de l'eau. La vis entraîne en tournant une certaine quantité d'air repoussé par l'eau dans les parties supérieures où il acquiert une assez grande pression, et d'où il est chassé dans un porte-vent qui le conduit au fourneau. La vis soufflante de M. Kœklin a 2^m 85 de longueur sur 2^m 60 de diamètre environ; elle est à quatre filets et son inclinaison dans la caisse peut être de 22 à 23°. Chacune de ses révolutions entraîne 5^{mc} 90 d'air qui sort sous une pression d'environ $0{,}03^c$ de mercure.

Cette machine soufflante dont la construction est au moins aussi coûteuse qu'une soufflerie cylindrique à piston, convient peu pour les hauts fourneaux, parce qu'elle ne fournit l'air qu'à une pression peu élevée. Cependant elle pourrait suffire pour alimenter de petits fourneaux de 6 à 7^m de hauteur, marchant avec des charbons tendres et des minerais fusibles. Nous savons qu'on en a établi une au Val-Suzon (Côte-d'Or), où elle sert à donner le vent à un haut fourneau placé dans les conditions que nous venons d'exposer. Cette cagnardelle est construite de la même manière et sur les mêmes dimensions que celle de M. Kœklin; son produit est de 28 à 29 m. c. d'air par minute.

311. — La cagnardelle n'est pas la seule machine soufflante qu'on a récemment appliquée. Les hauts fourneaux et fonderies de Loulans ont obtenu des résultats convenables, avec une roue dont la jante est creuse et garnie de deux soupapes, dont le jeu est obtenu au moyen de deux bielles mises en rapport avec le mouvement de rotation de la roue. Le vent passe de la jante dans le moyeu qui est creux aussi et qui communique au porte-vent. Nous n'avons pu jusqu'à présent, nous procurer assez de renseignements sur cette machine pour en donner des détails plus complets, et nous devons nous borner à l'indiquer comme application nouvelle. Mais, selon nous, il sera difficile de trouver un mécanisme plus simple, plus commode et moins coûteux que les ventilateurs qui réunissent parfaitement toutes les conditions essentielles que demande le travail des cubilots.

312. — *Dimensions, formes et construction des cubilots.* — Les dimensions et la forme des cubilots sont très variables, parce qu'on les construit, en ayant égard à la quantité de fonte qu'on veut faire, à la force du vent dont on peut disposer, et à la qualité du combustible. La facilité avec laquelle on met en fusion la fonte de fer, permet d'observer des règles moins strictes que celles de la construction des hauts fourneaux. Comme pour ceux-ci d'ailleurs, on peut conclure que les cuves les moins hautes sont aussi les moins favorables à la consommation du combustible, parce que la fonte n'est pas assez préparée, lorsqu'elle se présente à la tuyère ; il est à remarquer cependant, qu'on doit suivre une marche contraire à celle qu'on suivrait dans les hauts fourneaux, lorsqu'on brûle des charbons légers. Ainsi on donne plus d'élévation à un haut fourneau marchant au coke qu'à un haut fourneau marchant au charbon de bois, parce que le coke a besoin d'être préparé plus longtems à l'avance pour produire l'effet utile ; mais on devra augmenter (jusqu'à un certain point) la hauteur des cubilots, à mesure que la pesanteur spécifique du combustible diminue, parce que le poids de la fonte fait qu'elle déplace les lits de charbons et qu'elle vient tomber non fondue dans le creuset, tandis que les charbons sont brûlés inutilement au-dessus de la tuyère.

313. — Le rétrécissement de la partie inférieure de la cuve est, à l'instar des creusets étroits dans les hauts fourneaux, une cause d'économie dans la consommation du combustible ; il faut rétrécir cette partie quand on ne veut obtenir qu'une faible quantité de fonte, quand la machine soufflante fournit peu de vent, quand les charbons sont très légers ; mais on obtient moins de déchet, et les parois ne sont pas détruites aussi rapidement, lorsqu'on peut disposer d'un creuset plus large.

La forme intérieure de la cuve s'élargit vers le ventre du côté des tuyères, et un peu moins vers le contre-vent, comme l'indique la *fig.* 7 — *pl.* 7.

On fait toujours un talon à la rencontre de la cuve avec la sole, afin d'aider l'écoulement de la fonte.

Le manque de commandes force quelquefois le fabricant à ne fondre chaque jour, que de petites quantités de métal ; alors, on réduit en conséquence le diamètre du ventre, qu'il est facile d'augmenter par la suite, s'il survient de plus grands travaux à exécuter.

Pour faciliter ces changements à la forme de la cuve, on donne à l'enveloppe extérieure, un diamètre tel que celle-ci contienne une cuve de la plus grande capacité qu'il est possible de l'établir, eu égard à la hauteur du fourneau.

La forme intérieure des cuves n'offre pas d'ailleurs de règles fixes ; elle dépend de la volonté des fondeurs, des matériaux employés à la construction, de la qualité de la fonte à liquéfier et de celle du combustible. — On emploie généralement les formes des fig. 7 et 8 pl. 7, mais quand on n'a pas des qualités un peu considérables à mettre en fusion, on peut adopter la forme de la fig. 5 qui, par le

travail, est bientôt ramenée aux proportions des deux précédentes. — La forme de la fig. 4 est plus usitée pour la fusion du cuivre que pour celle du fer; elle n'est guère pratiquée que pour liquéfier des doses de métal ne dépassant pas 2 à 300 kilog.

La hauteur des cubilots construits jusqu'à présent, varie entre 2 et 6 mètres. Nous avons établi il y a peu de tems, un fourneau à manche qui avait huit doubles tuyères disposées sur une même ligne; sa hauteur était de 5^{m}60 et sa largeur de 3^m; il pouvait contenir au besoin 12000 kilog. de fonte. Il est évident d'ailleurs qu'on pourrait porter la construction de ces fourneaux à des proportions plus grandes encore, afin d'arriver à y fondre des masses énormes de métal.

314. — On forme l'enveloppe extérieure des cubilots par des plaques de fonte assemblées sur une base octogone ou hexagone, et fixées ensemble avec des boulons ou retenues par des cercles en fer. La plaque de fond qui est posée sur un massif en maçonnerie doit être percée au centre d'un trou qui l'empêche de se casser, en favorisant alternativement les effets de la dilatation et de la contraction, et qui permet l'écoulement des vapeurs par un canal pratiqué dans le massif. — Souvent même on dispose cette plaque en deux parties.

On entoure encore les wilkinsons par des chemises cylindriques, façonnées en tôle rivée ou coulées en fonte d'un seul jet, si le fourneau a de petites dimensions, et en plusieurs tronçons dans le cas contraire. Ce dernier mode est exempt de toute espèce d'ajustement, et toute la pose se borne à emboîter les tronçons les uns dans les autres, après avoir placé le premier sur la plaque de fond à laquelle on a soin de faire une rainure ou des rebords qui servent d'emboîtement et qui contribuent à assurer la solidité du fourneau.

315. — *Les fig.* 7 *et* 8 *pl.* 7 représentent un cubilot avec une enveloppe en fonte composée de deux tronçons, qui ont chacun 0,90 de hauteur et 1^m de diamètre. Le devant du fourneau est garni d'une plaque *m* qui protège les pierres du massif contre l'atteinte du feu, lorsqu'on vide après la coulée, les matériaux qui restent dans la cuve. Cette même plaque fait corps avec un chenal *h* qui est appliqué devant la porte du cubilot et qui conduit la fonte, quand on la coule, dans les poches que les ouvriers mouleurs viennent placer au-dessous. La cheminée de ce fourneau est construite en briques et environne tout le gueulard, à l'exception de l'endroit où l'on charge, qui est revêtu d'une portière en fonte *c*.

316. — Dans les cubilots de grandes dimensions, le combustible ne serait pas entièrement brûlé et la fusion se ferait imparfaitement, si l'on se servait d'une seule ligne de tuyères. On doit alors donner le vent par deux tuyères opposées dont il faut cependant croiser les axes autant que possible.

Afin que le creuset puisse contenir une plus grande quantité de fonte, on dispose plusieurs tuyères sur une même ligne verticale; et lorsqu'on aperçoit le métal fondu à la hauteur de la première tuyère, on la bouche avec un tampon

de sable réfractaire, et on ouvre celle qui est au-dessus pour y mettre le vent. On répète cette opération pour les tuyères supérieures, jusqu'à ce qu'on ait amassé dans le creuset, la quantité de fonte nécessaire. Aussitôt après la coulée on recommence à souffler par la tuyère inférieure.

Lorsqu'on dispose d'une machine soufflante assez forte, nous avons reconnu qu'en introduisant l'air par deux tuyères placées verticalement l'une au-dessus de l'autre, on peut réduire la consommation en combustible et diminuer l'influence de la fusion sur la nature de la fonte. Ces résultats sont explicables par les préparations que le vent de la tuyère supérieure fait subir aux matériaux.

317. — Il n'existe pas de règles fixes qui déterminent la distance de la première tuyère à la sole. Cependant on ne doit pas la rendre trop grande, afin de conserver la distance indispensable entr'elle et le gueulard, et afin de ne pas refroidir la fonte liquide en réserve dans le creuset. Cette distance varie à peu près de 20 à 40 cent. — Voici comment on pourrait fixer l'espacement des tuyères d'un cubilot qui aurait environ 3^m de hauteur sur un 1^m 60 de largeur (mesures prises sur l'enveloppe) :

De la sole à la première tuyère.	0^m,340	Hauteur totale occupée par les tuyères 1^m,740.
De la première tuyère à la deuxième.	0 320	
De la deuxième à la troisième.	0 300	
De la troisième à la quatrième.	0 280	Distance de la dernière tuyère au gueulard 1^m,20.
De la quatrième à la cinquième.	0 260	
De la cinquième à la sixième.	0 240	

318. — On choisit de préférence le sable réfractaire pour la construction des cubilots. Après avoir terminé la sole qui se compose de quelques couches de sable bien battues en pisé, on y pose un mandrin cylindrique du diamètre qu'on veut donner au gueulard. On commence alors à damer le sable avec soin, comme nous l'avons indiqué en parlant de la construction des ouvrages de hauts fourneaux. Quand le vide est rempli à la hauteur du mandrin, on ébranle vigoureusement celui-ci avec une masse, afin de le détacher du sable, et on le soulève au moyen d'un anneau. Après quoi, on continue à damer en soulevant toujours le cylindre, jusqu'à ce qu'on soit arrivé à la hauteur du gueulard, sur lequel on pose un cercle en fonte, pour que ses bords ne soient pas endommagés par les matériaux qu'on jette au fourneau. Pendant cette opération, on a dû enfoncer dans les trous laissés à l'enveloppe, des morceaux de bois coniques communiquant avec la cuve et destinés à former la place des tuyères. Lorsque tous les mandrins sont retirés, il ne reste plus qu'à tailler et à rebattre l'intérieur du fourneau, ainsi que nous l'avons déjà expliqué dans notre première partie.

Si la cuve doit être d'une faible capacité, on peut réduire la dépense du sable réfractaire en remplissant une partie du vide par une rangée de vieilles briques posées contre l'enveloppe.

319. — Les wilkinsons qui sont faits avec des tronçons cylindriques ayant quelquefois l'inconvénient de se désemboîter par la dilatation du sable, il est bon d'y remédier lorsqu'on monte le fourneau, en pratiquant des cheminées verticales entre le sable et la fonte, afin de diminuer les points de contact entre les deux corps. Ces cheminées peuvent avoir 3 cent. de diamètre et être placées à environ 12 cent. d'intervalle. On retire les tringles dont on s'est servi pour les faire au fur et à mesure que le sable est damé. Quand elles sont retirées, on bouche les trous avec du sable brûlé. — La disposition du rang de briques dont nous venons de parler, peut aussi s'opposer à cet effet produit par la dilatation du sable.

320. — *Séchage et mise en feu.* — Si le fourneau est neuf, l'opération du séchage exige les précautions usitées en pareil cas pour les ouvrages de hauts fourneaux. On doit le flamber et le sécher à petit feu pendant douze ou quinze heures, suivant l'épaisseur du sable.

Après quoi, on l'emplit de coke embrasé, en ayant soin de laisser un courant d'air par l'ouverture de la coulée, devant laquelle on met une petite grille ou deux ringards posés en croix, pour empêcher le coke de descendre avant son entière combustion. Lorsqu'on a fait chauffer au rouge le sable de la cuve, on remplace par d'autre, le combustible brûlé; on bouche le gueulard avec une feuille de tôle ou une plaque de fonte, et on fait agir les soufflets. La flamme que la plaque de fonte force de prendre issue par le trou de coulée, vient lécher la sole, à laquelle elle communique une température telle que le métal liquide s'y rend sans refroidissement.

L'intérieur du fourneau étant suffisamment échauffé par ces diverses préparations, on procède alors au bouchage de l'ouverture de la coulée. — Cette ouverture qui a environ 30 cent. de largeur sur 40 cent. de hauteur, est fermée par un mur de sable, qu'on affermit en le damant par couches horizontales, et qu'on maintient par une plaque de forte tôle soutenue par une barre de fer qui repose sur deux crampons scellés de chaque côté de la portière. Le bouchage doit présenter une assez grande solidité pour résister à la pression de la fonte amassée dans l'ouvrage. Pendant cette opération, il a fallu nécessairement suspendre le jeu de la machine soufflante, mais dès qu'on a terminé, on rétablit le vent et on remplit le fourneau de nouveau charbon sur lequel on jette la première charge de métal.

321. — La durée des cuves dépend principalement de la qualité du sable employé à leur construction. Certains cubilots ne pourront supporter que quelques jours de fondage, tandis que d'autres n'exigeront des réparations qu'après quinze jours ou trois semaines de travail. Lorsque les parois ne sont pas par trop détériorées, on évite la dépense toujours onéreuse d'une reconstruction complète, en se contentant de détacher avec un ringard, la croûte vitrifiée qui garnit l'intérieur du fourneau, en mouillant la surface du sable brûlé qui reste, afin qu'il

se lie mieux avec celui qu'on va mettre et en remplissant le vide qui existe entre le mandrin qu'on a mis en place, comme nous l'avons indiqué, et les parois qu'on n'a pas démolies par une nouvelle épaisseur de sable réfractaire bien comprimé avec un fouloir en fer.

Il est évident qu'un fourneau réparé de cette manière ne demande pas un séchage aussi long et aussi dispendieux.

322. — Pour mettre en feu un cubilot qui a déjà servi, on le remplit de coke qu'on allume par le bas; aussitôt que le feu s'est montré aux tuyères, on ferme l'ouverture de la coulée au milieu de laquelle il suffit de conserver un trou de 0,05 ou 0,06ᵐ de diamètre, pour l'écoulement de la fonte, et on donne le vent. La flamme s'échappe alors par le gueulard et par le trou qu'on a laissé à la portière. On bouche ce dernier avec un tampon d'argile, au moment où l'on voit arriver les premières gouttes liquides du métal qu'on a chargé immédiatement sur le combustible qui a servi à remplir le fourneau.

Lorsque la cuve est d'une grande capacité, le remplissage influe beaucoup sur la consommation du combustible par rapport à la fonte produite. Nous avons plusieurs fois essayé avec succès, de diminuer cette consommation, en remplaçant un ou deux hectolitres de coke par une quantité semblable de tourbe ou de racines et d'ételes de bois dur.

323. — *Des charges et de la fusion.* — Pour que le chargement soit exact et régulier, on doit charger le métal au poids et le combustible au volume. Cependant, dans les usines où le coke est conservé à couvert et où par conséquent sa pesanteur spécifique est peu variable, on a pris le parti de le consommer au poids afin de se rendre un compte plus exact; attendu qu'il n'est guère possible d'évaluer le prix de revient de ce combustible, autrement qu'en kilogrammes. En effet, soit qu'on carbonise la houille aux usines, soit qu'on tire le coke directement des houillères, on doit toujours se baser sur le poids de ces deux matières pour fixer le prix de l'achat et du transport.

Pour liquéfier mille kilogrammes de fonte de fer, on emploie environ 150 à 170 kilog. de coke ou 350 à 450 litres. Le volume des charges décide de la grandeur du fourneau. Ainsi donc, si dans un cubilot de fortes dimensions, on charge 150 kilog. de fonte sur 24 ou 25 kilog. de coke; dans un cubilot moins grand on réduira ces charges d'un tiers; dans un autre plus petit, on les scindera par moitiés, etc., etc. — En général, si le combustible est pesant, on peut faire les charges moins fortes, mais il vaut mieux les augmenter s'il est léger, afin que les lits de charbon ne soient pas traversés par la fonte.

324. — Le travail d'un cubilot peut être confié à un fondeur et à un aide fondeur ou chargeur, si les charges descendent rapidement et si l'on a beaucoup à fondre.

Lorsqu'on a peu de moules à couler, le fondeur se charge seul de la conduite du fourneau. Dans les petites fonderies, un des mouleurs fait souvent l'office du fondeur.

21

Le travail du fondeur se borne à charger le cubilot, à nettoyer les tuyères et à distribuer la fonte aux ouvriers, suivant leurs besoins.

L'aide-fondeur est chargé de peser ou de mesurer les matériaux et de les monter sur la plate-forme qui environne le gueulard. Il arrive que la distribution de la fonte, quand les ouvriers ont un grand nombre de petits moules à couler, occupe tellement le fondeur, qu'il ne peut pas abandonner le trou de la coulée; c'est alors son aide qui fait les charges.

325.— Les fondeurs aux cubilots sont ordinairement payés à la journée, et leur salaire, surtout quand on fond peu, a une certaine influence sur le prix des produits. On pourrait, pour les engager à apporter le soin et l'économie nécessaires à leur travail, les payer à la tâche et mettre à leur charge les aides dont ils auraient besoin; mais pour bien fixer le prix qu'ils doivent avoir par mille kilogrammes de fer fondu, il ne faut pas négliger de prendre en considération la quantité de métal jetée au fourneau et les difficultés que présente l'approvisionnement du gueulard. Il est donc nécessaire, pour ne pas tomber dans l'erreur, de prendre une moyenne entre les dépenses à la journée de plusieurs mois. C'est ainsi que nous sommes assurés aux fonderies de Tusey, où l'on avait refondu dans une année 887550 kilog. pour la somme de 2744 fr. 20c. en journées d'ouvriers, qu'on pouvait payer tout le travail qui accompagne la fusion dans les cubilots, à raison de 3 fr. par mille kilog. de fonte refondue (1).

326. — Parmi la grande quantité de pièces que l'on doit jeter en moule, il en est qui exigent des fontes de qualité différente. Il est avantageux de couler, pour éviter des mélanges nuisibles, la fonte grise d'abord, et la fonte blanche à la fin de la journée. Au reste, quand le fondeur n'est pas certain de son travail, il est préférable que, dans le but d'éviter des mélanges nuisibles entre les différentes espèces de fonte qu'il doit produire, il prenne le parti de séparer chacune d'elles par des *fausses-charges*, ou charges faites seulement en combustible.

Afin d'éloigner toute confusion et d'apporter l'ordre nécessaire pendant le travail, le contre-maître doit fixer à chaque mouleur le tour qui lui convient, en considérant la nature des fontes qu'il va couler.

Toutes les fois que le fondeur est prêt à couler, il perce avec un petit ringard le trou destiné à l'écoulement de la fonte, et il donne celle-ci aux ouvriers qui la

(1) Bien des maîtres de fonderies, considèrent la fusion dans les Wilkinsons, comme un travail peu important, et le confient à des manœuvres par un motif d'économie qui, à notre avis, est loin d'être bien compris. On ne saurait trop prendre en considération, le déchet, la dépense outrée de combustible, la mauvaise qualité de la fonte, les accidents aux tuyères, etc., etc., qui ressortent de la direction d'un ouvrier inhabile, pour remettre cette besogne à des mains exercées. Il y a tout à gagner avec un bon fondeur.

reçoivent dans leurs poches. Quand il ne se présente plus personne, il arrête la coulée au moyen d'un bouchon de terre molle fixé à l'extrémité d'un long manche en bois.

327. — Le sable dont il reste toujours quelques parcelles attachées à la fonte, les cendres du combustible, les parties de la cuve qui entrent en fusion forment un laitier visqueux qui compromettrait souvent la sûreté du fondage, si l'on n'avait soin d'ajouter de tems à autre, à la charge, une certaine quantité de castine.

De cette opération, il résulte un laitier qu'il est bon de faire écouler, principalement après la coulée des grosses pièces, parce qu'il viendrait se fixer sur la sole et refroidir la fonte. C'est ce que les fondeurs appellent *décrasser* le fourneau.

Les cubilots ne fonctionnent ordinairement que pendant le jour. Après qu'on a fait les dernières charges, il s'élève dans la cuve une température telle que la fonte traverse rapidement les lits de combustible; nous avons indiqué comment on pourrait profiter de cette circonstance pour utiliser les menus bocages. Quand on a fini de fondre, on brise à coups de ringard le rempart de sable qui garnit le devant de la coulée, et on retire avec un crochet, le coke qui reste dans le fourneau.

Si l'on activait les cubilots pendant plusieurs jours consécutifs, on économiserait une quantité de charbon considérable en jetant dans la cuve, au moment de cesser le travail, deux ou trois charges de coke sur lesquelles on dispose des charges ordinaires de métal et de combustible. Après avoir bien gratté la surface de la sole et nettoyé le creuset, on bouche hermétiquement toutes les ouvertures. Quand on reprend le travail, le lendemain matin, on obtient en très peu de tems de la fonte liquide.

328. — Les outils des fondeurs aux cubilots, sont peu nombreux. Ils se composent de quelques ringards ou aiguilles en fer rond de 0,015 à 0,03 de diamètre pour percer le trou de coulée et pour moucher les tuyères; de quelques manches en bois, au bout desquels on assujétit un tampon conique en argile ou en sable gras qui sert à boucher (fig. 10 pl. 7); d'une griffe, d'un crochet (fig. 11 et 12, pl. 7) pour nettoyer la sole quand on a terminé la fonte; d'un fourgon en fer pour faire descendre les charges; d'une pelle trouée pour charger le coke; d'un seau pour éteindre le coke quand on le retire pour vider le fourneau; d'une plaque de fonte soutenue par un étal en fer pour garantir les ouvriers et pour servir d'appui au crochet quand ils vident après la fonte; de plusieurs mandrins cylindriques en bois (fig. 13 pl. 7), de battes, de couteaux et de racloirs, outils dont on se sert pour remonter les cuves, etc., etc.

329. — L'ouverture des buses, si l'on emploie des machines soufflantes autres que les ventilateurs, est à peu de chose près fixée comme celle des hauts fourneaux. Il faut éviter l'usage d'une buse trop étroite parce que la fonte est affinée, devient blanche et subit un déchet considérable.

Un vent trop rapide déplace le charbon dont il consume une quantité considérable qui n'est d'aucun effet, et tend à donner de la fonte blanche.

Un vent dont la vitesse est trop faible, lorsque le fourneau est large, ne donne pas assez de chaleur et blanchit la fonte qui devient louche à tel point qu'elle coule avec beaucoup de difficulté. — On doit craindre de la voir s'arrêter dans le creuset et y former une masse figée qu'on ne pourrait enlever qu'en démontant le cubilot. Cependant, dans une cuve étroite, un vent faible, s'il ne l'est pas par trop, ne nuira qu'à la célérité de la fusion.

La vitesse du vent doit toujours être proportionnée à la qualité du combustible et à la grosseur des morceaux de fer crû qu'on veut liquifier.

Il faudrait, pour bien faire, qu'on pût ne charger, (ce qui n'est pas toujours facile) que des morceaux de 100 à 160 centimètres cubes; mais pour que le travail soit toujours le même, on peut compenser dans les charges, les bocages et les saumons. La différence qui existe entre les fusions de ces deux espèces de fonte est très-grande, puisqu'on fondrait dans une heure 12 à 1500 kilogrammes de bocages, tandis que dans le même tems, toutes choses égales d'ailleurs, on pourrait tout au plus liquéfier 800 kilog. de saumons.

330. — Le déchet du fer refondu est déterminé principalement par la nature du métal, par la qualité du combustible et par la direction du vent.

On ne pourrait obtenir de la fonte grise, en refondant de la fonte blanche, sans brûler une grande quantité de charbon, sans augmenter le déchet et sans amener la prompte destruction des parois.

Si la fonte est grise, si la vitesse du vent est convenable, si le coke est pur, le déchet peut ne s'élever qu'à 6 ou 7 pour cent. Dans le cas contraire, il peut monter jusqu'à 15 ou 20 pour cent. On comprendra que le déchet doit être énorme quand on refond des brocailles ou des menus bocages blancs.

Même en bonne marche, la quantité de fonte perdue à la deuxième fusion, doit toujours s'estimer à 8 ou 10 pour cent, à cause des grenailles qui sont retenues dans les scories ou qui sont répandues par les mouleurs sur le sol de l'usine.

A la fonderie d'Indret, où l'on coule beaucoup de grosses pièces et où l'on fond peu de bocages, le déchet ne dépasse jamais 6 1/2 pour cent. — La consommation en coke est de 230 à 240 kilog. pour mille kilog. de fonte produite. (Dans cette quantité ainsi, que dans la suivante, nous comptons les pertes inévitables occasionnées par les fraisils et les poussières).

On a fondu dans les cubilots de l'usine de Tusey en 1840 :

Saumons d'Angleterre. .	135,398 kilog.	qui ont produit	En fontes moulées . . .	777,033 k.
Saumons de Tusey et environs	452,645 »		En bocages	235,057
Bocages gris et blancs.	507,138 »		Total	1,012,090
Total. . . .	1,095,181 kilog.		Ajoutant le déchet . . .	83,091
			Total égal à la consommation.	1,095,181 k

On a consommé pour produire 1,012,090 kilog. de fonte 240,898 kilog. de coke ou 238 kilog. par mille kilog.

Le déchet qui est beaucoup plus fort qu'à Indret, parce qu'on a refondu beaucoup plns de bocages et coulé une grande qnantité de petites pièces, s'élève à 8. 2 pour 0/0.

331. — Ainsi que nous l'avons expliqué plus hant, il est sonvent nécessaire de faire de nombreux mélanges, afin d'utiliser d'une manière convenable, les différentes espèces de fontes qui sont obtennes dans les hauts fourneanx. Nous avons indiqué comme devant apporter des améliorations avantageuses, lorsqu'elles sont mêlées avec les produits ordinaires des hants fourneaux, les fontes d'Angleterre, de Comté, de Belgiqne. etc., etc. Les fontes anglaises sont sans contredit les meillenres de toutes, et nous doutons qu'il existe un haut fourneau en France, qui puisse produire des saumons propres à la deuxième fusion d'nne qualité supérieure à ceux de *Garstherrie*, de *Beaufort*, de *Sumerlé*, etc., etc., qu'on emploie journellement dans nos fonderies. (1). — Nous avons fait nonsmêmes de nombreuses expériences sur les fontes anglaises noires, à la cassure brillante et à larges facettes, et nous nons sommes convaincus que 1/15 de cette fonte mélangé avec 14/15 de mauvais bocages, suffisait pour donner à ceux-ci une nature bien différente de celle qu'ils anraient ene, s'ils eussent été fondus seuls.

332. — Nous indiquons les quelques mélanges suivants que nous avons employés à Tusey, dans l'espoir qu'ils pourront guider le fondeur dans ceux qu'il devra faire; et nous ferons observer, que faute d'avoir des fontes anglaises à portée, on peut les remplacer par des proportions convenables d'antres fontes de bonne qualité.

N° 1. Fonte pour une statue ou nn des ornements des fontaines de la Concorde.

Saumons anglais.	400 kilog.	Bonne fonte grise, tenace et d'on travail facile à la lime.
Idem du pays.	750	
Bocages gris.	1150	
	2300 kilog.	

(1) Nous devons dire cependant, que nous avons eu l'occasion d'essayer à Tusey, les fontes noires que fabrique pour la deuxième fusion, le fourneau de Robiac dans le Dauphiné, et que nous avons reconnu que ces fontes égalaient celles que fournissent les hauts fourneaux les plus en réputation de l'Angleterre. Si la fabrication courante des usines de Robiac, répond à l'essai de 3000 kilog. environ dont nous avons été à même de disposer (et cela nous est d'ailleurs confirmé par M. Lebrun, chef des travaux à l'École royale d'arts et métiers d'Angers, lequel a été chargé en 1840, d'examiner le travail de ces usines), notre assertion doit se trouver contredite en ce point, car il nous paraît impossible de trouver des fontes meilleures que celles de Robiac.

N° 2. Fonte pour des coussinets de chemin de fer.

Saumons anglais.	500 kilog.	Ce mélange a présenté plus de ténacité qu'une autre de 1/3 saumons de Comté, 1/3 saumons de pays et 1/3 bocages.
Bocages mêlés.	1500	
	2000	

N° 3. Fonte pour des grands tuyaux de conduite d'eau et de gaz.

Saumons anglais.	200 kilog.	Si les tuyaux eussent été moins longs, on aurait pu diminuer sans inconvénient la proportion de fonte anglaise.
Bocages blancs.	800	
	1000 kilog.	

N° 4. Autre fonte pour des tuyaux de conduite de gaz, etc., etc.

Saumons du pays.	300 kilog.	Inférieure aux numéros précédents.
Bocages gris.	400	
Bocages blancs.	300	
	1000 kilog.	

333. — Comme pour le roulement des hauts fourneaux, on doit signaler jour par jour, le travail des cubilots, sur un registre dressé en conséquence. — Nous nous dispenserons de donner un modèle de ce registre dont la composition se rapproche de celle du tableau compris à notre paragraphe 238. — Nous rappellerons seulement quelles sont les colonnes les plus indispensables, en ayant la précaution de les indiquer dans l'ordre où il nous paraît qu'elles doivent être disposées.

Après la colonne des dates, viennent celles qui renferment les matériaux consommés, le coke d'abord, puis les fontes de diverses espèces, à chacune desquelles on consacre une colonne spéciale qui vient se résumer avec les autres dans une colonne de totaux. Les observations auxquelles on ménage le plus de place qu'il est possible, peuvent séparer la consommation du produit qui est disposé de la même manière que celle-ci. Il est bon d'ajouter à cet ensemble, trois colonnes dans lesquelles on indique fonte par fonte, si on le juge nécessaire, pour bien connaître les résultats du travail, le déchet total, le rapport du coke consommé eu égard à la fonte produite, et la proportion du déchet pour cent kilog.

Nous pourrions nous dispenser de rappeler que la colonne d'observations doit contenir des remarques utiles faites sur la marche du travail, des détails sur les différents mélanges essayés, des renseignements sur la nature des fontes et du combustible employés, etc., etc.

334. — *Emploi de l'air chaud dans les cubilots.* — Dans plusieurs usines, on a essayé d'appliquer l'influence de l'air chaud sur la marche des cubilots. Les

résultats obtenus sont loin d'être en rapport avec ceux qu'a présentés l'emploi de ce système dans les hauts fourneaux.

Nous avons eu lieu d'observer pendant plus d'un an, le travail de deux cubilots semblables consommant les mêmes matériaux et alimentés par un vent d'une pression égale pour chacun d'eux; mais l'un marchait à l'air froid et l'autre à l'air chaud.

Les résultats de nos expériences nous ont paru plus favorables à l'ancien procédé qu'au nouveau.

Voici ce que nous avons remarqué, en examinant attentivement les deux roulements.

La fusion était plus lente qu'au vent froid. — Le tems nécessaire pour fondre mille kilogrammes était augmenté d'un cinquième et quelquefois d'un quart.

Le déchet était plus considérable, circonstance qui se déduit tout naturellement de la précédente.

La nature de la fonte grise après sa fusion, restait la même dans les deux cas. La fonte provenant de bocages blancs devenait un peu grise dans le fourneau au vent chaud.

Les produits à l'air froid offraient plus de ténacité, quelle que fût d'ailleurs la nature du fer crû jeté dans les cubilots.

La différence dans la consommation du combustible était en faveur de l'air chaud, mais elle était peu sensible. — Elle avait diminué seulement de 1/12 à 1/10.

Pendant les opérations, la température de l'air fut successivement portée de 250° à 320°, et les résultats furent à peu de chose près, constamment les mêmes.

Il est d'ailleurs certaines qualités de fonte qui ne peuvent, lorsqu'on les refond dans les cubilots, supporter l'effet de l'air chauffé, sans être dénaturées. Nous citerons à l'appui de cette assertion, les fontes du haut fourneau d'Ansilfranc en Bourgogne, que M. Thiébaut employait avec succès à l'air froid dans sa fonderie de Paris, et qui traitées depuis, à l'air chaud, avaient tellement perdu de leur qualité, qu'on s'est vu contraint d'abandonner ce procédé.

335. — En somme, après avoir dit précédemment, que nous étions peu partisans de l'application de l'air chauffé dans un grand nombre de hauts fourneaux, nous croyons devoir ajouter ici, que nous conseillons encore moins l'emploi de ce système dans les cubilots, où la question du combustible est bien moins rigoureuse.

En effet, le résumé des opérations dont nous avons parlé, nous a conduits à conclure que les fontes demi-grises ou blanches obtenues à la première fusion sans accompagnement de circonstances par trop susceptibles de les dénaturer, pouvaient seules être bonifiées par le travail au vent chaud, en prenant du grain et en perdant de leur dureté. Les fontes très-noires au contraire, n'ont rien à gagner; elles perdent plutôt de leur qualité et elles éprouvent un plus fort déchet. Néanmoins, nous indiquons par (*la fig. 9 pl. 7*) pour ceux qui ne seraient pas de notre avis, un des meilleurs appareils que nous ayons vu fonctionner. Cet

appareil qui est aussi facilement applicable aux feux de forges où l'on prépare le fer qu'aux cubilots, peut élever la température de l'air jusqu'à 350°°. — Il se compose de deux rangs de tuyaux cintrés dont l'un recouvre l'autre. Les tuyaux sont emmanchés dans les deux boites à compartiments *a* et *b*. — L'air est introduit par l'orifice *i* dans les tuyaux extérieurs, et après en avoir parcouru le vide, il est chassé par l'ouverture *m* dans les tuyaux intérieurs d'où il sort en *n* pour se rendre aux tuyères.

336. — Non seulement on a employé la flamme qui s'échappe du gueulard des cubilots, pour le chauffage des appareils à air chaud, mais on a encore trouvé moyen, ainsi que dans les hauts fourneaux, de l'utiliser pour la production de la vapeur dans les chaudières, pour la torréfaction du bois, pour la cuisson de la chaux, etc., etc., dans des fours disposés à cet effet.

Nous avons toujours pensé qu'il serait à la fois productif et peu dispendieux, d'établir sur la plate-forme de chargement des wilkinsons, ou même sur le sol de l'usine, un four à reverbère qui aurait pour foyer le gueulard, et pour cheminée le conduit qui est toujours nécessaire à l'échappement des gaz dans ces fourneaux.

Nous sommes convaincus qu'on parviendrait au moyen d'une voûte bien disposée, à provoquer (sans autre calorique que celui fourni par la flamme perdue), la fusion d'une certaine quantité de métal déposé sur le sole. Et, quand bien même, cette fusion ne serait pas complète, les essais imparfaits que nous avons tentés jusqu'alors, nous ont conduits à trouver que les fragments de métal chauffés à une haute température par un procédé de ce genre et jetés ensuite au fourneau, pouvaient amener une réduction considérable dans la consommation du combustible, tout en éloignant une partie des désagréments que nous avons signalés dans l'emploi de l'air chaud.

Les circonstances nous ont écartés jusqu'alors de l'exécution entière de ce projet que nous espérons reprendre un jour, mais sur lequel nous croyons devoir appeler, dès à présent, toute l'attention des fondeurs qui seront encouragés par l'exécution tout à la fois simple et peu coûteuse d'un appareil semblable.

Nous avons dessiné la fig. 13 de la pl. 7 dans l'intention de rendre plus claire l'idée que nous venons d'énoncer. — Le four à reverbère est soutenu partie sur le wilkinson, partie sur un support à nervures en fonte *aa*. — Nous avons indiqué une grille supplémentaire *nn* dont on pourrait essayer l'effet au cas où les flammes du gueulard ne suffiraient pas. Il serait bon de disposer un registre au rempant de la cheminée, et aussi devant le gueulard, une portière se fermant après la charge faite, afin de pouvoir faire séjourner à volonté une partie des gaz dans le four. Une forte traverse en fonte *b* est ménagée pour soutenir la voute, si l'on voulait demolir la portion de mur *cc* afin de reconstruire ou de réparer la cuve du fourneau. — Il serait facile d'établir un canal couvert qui conduirait la fonte liquéfiée, de l'orifice *e* sur le sol, ou dans le wilkinson même où on l'introduirait

au-dessus des tuyères, si elle n'était pas assez chaude pour être coulée immédiatement dans les moules. On sait que cette dernière opération peut facilement s'effectuer, puisque dans plusieurs fonderies, on ménage sur le devant du fourneau, à la hauteur des tuyères, une ouverture par laquelle on réintroduit dans le creuset, la fonte qui reste dans les poches et que les ouvriers trouvent d'une température trop peu élevée pour bien remplir leurs moules. Au reste, le projet dont nous parlons, aurait besoin d'être expérimenté, si l'on voulait apprécier plus facilement son importance et juger par les résultats, des modifications à y apporter. Nous ne pouvons donc à présent, que nous borner à l'indiquer, sans entrer dans des développements qui nous mèneraient trop loin de notre but.

DES FOURS A RÉVERBÈRE.

337. — *Des fontes qu'on doit employer de préférence.* — La fonte grise obtenue par un mélange réfractaire de minerais et de fondant dans des ouvrages élevés et rétrécis, convient parfaitement à la fusion dans les fours à reverbère; elle peut même y être refondue plusieurs fois sans altération. La fonte grise et la fonte truitée provenant de charges fusibles dans des ouvrages bas, contiennent ordinairement une grande quantité de carbone et sont par cette raison très-disposées à blanchir, lorsqu'elles sont refondues dans les fours à reverbère. On rencontre des fontes grises qu'on ne peut liquéfier une seule fois sans les blanchir et d'autres qui supportent facilement plusieurs fusions.

Les fontes blanches sont aussi d'un mauvais emploi dans les fours à reverbère; elles tendent trop à s'affiner et à déposer sur la sole une certaine quantité de *carcas* ou croute de fer oxidé qui se forme aux dépens de la masse fondue et qui diminue son produit.

Les fontes noires très-graphiteuses, sans fournir autant de carcas, subissent néanmoins un déchet considérable. En général, les fontes liquéfiées plusieurs fois de cette manière perdent toujours de leur ténacité, leurs autres propriétés restant à peu de choses près les mêmes. Toutes les fontes abandonnent d'ailleurs, par la deuxième fusion, une partie de leur graphite et de leur silicium; elles forment des combinaisons nouvelles et elles se dénaturent insensiblement.

Les fontes grises produites par un mélange fusible de fondant et de minerais dans des ouvrages hauts et étroits, conviennent principalement aux objets qui doivent offrir une certaine résistance, les bouches à feu par exemple.

338. — *Des combustibles les plus convenables.* — On brûle de préférence la houille dans les fours à reverbère, parce que de tous les combustibles, c'est celui qui développe le plus de chaleur.

La houille grasse est celle dont on doit se servir principalement, pour fondre

dans ces fourneaux. Elle garnit mieux les grilles; elle brûle bien et elle fournit une température qu'on ne saurait se procurer aussi facilement avec les autres houilles. — Aux fonderies d'Indret, la houille de Mons et les houilles d'Angleterre sont employées séparément ou mêlées au chauffage des fours à réverbère; mais on se sert rarement pour ce travail, de la houille de Saint-Étienne, qu'on a soin de destiner à la fabrication du coke (1).

A défaut de houille, on peut cependant brûler la tourbe et le bois; mais alors les dimensions des fours doivent être modifiées. La tourbe de bonne qualité employée crue ou carbonisée peut remplacer avantageusement la houille, dans les contrées où celle-ci est d'un prix très-élevé. Il est rare qu'on chauffe avec du bois seul, parce que quelle que soit sa dureté, il n'est susceptible de développer la chaleur intense qui est nécessaire à la fusion de la fonte, qu'autant qu'il est brûlé en grande quantité, circonstance qui force à donner aux foyers, des dimensions extraordinaires.

339. — On trouve plus d'avantages à mélanger ces deux combustibles avec la houille. Nous avons eu occasion de voir exécuter plusieurs fusions au four à réverbère, avec moitié de houille et moitié d'une tourbe bien compacte provenant des environs de Châlons-Sur-Marne, et cette méthode économique amenait des résultats parfaitement convenables.

En jettant sur la grille, quelques brassées de bois mêlé à la houille, on peut diminuer la quantité de carcas qui se forme toujours pendant la fusion. En effet, la flamme du bois entraine avec elle, une grande partie des cendres qui venant de déposer sur le bain, forment une couche d'un laitier qui est plus abondant que celui qui résulte de la houille brûlée seule et qui garantit le métal de l'oxidation. De même que le charbon de bois et le coke, la tourbe et le bois doivent être préservés de l'humidité, si l'on veut qu'ils fournissent toute la chaleur qu'ils sont susceptibles de donner.

340. — *Formes et dimensions des fours à réverbère.* — Avant de parler des formes et des dimensions adoptées pour les fours à réverbère, nous renvoyons nos lecteurs aux *fig.* 15, 16, 17 *et* 18, *pl.* 7 qui serviront à leur en indiquer successivement les principales parties.

---

(1) Les houilles d'Angleterre, de Mons et de Saint-Étienne, sont encore utilisées à Indret, les premières pour le service des chaudières à vapeur, la dernière pour le chauffage des forges; mais il n'entre pas dans notre plan, de parler de ces différents emplois. Tout le monde sait que la houille de Saint-Étienne est d'un excellent usage pour la forge; elle garnit parfaitement les feux et elle concentre entièrement l'effet du calorique sur la pièce que l'on chauffe, en la recouvrant d'une enveloppe d'où la flamme ne s'échappe pas facilement.

Les fourneaux à réverbère sont de la plus grande utilité dans les arts chimiques; leur construction varie suivant le genre de travail auquel ils sont destinés. Ils servent généralement à la mise en fusion des divers métaux dont l'industrie a tiré parti, tels que le fer, le cuivre, l'étain, etc., etc. Si l'on modifie légèrement leur forme, on les dispose pour l'affinage du fer, pour la calcination de différentes substances, etc., etc. La presque totalité de ces opérations ne concerne pas notre travail, et nous ne nous occuperons pour le moment, que des fourneaux utilisés dans les fonderies de fer et de cuivre allié.

Un four à réverbère présente habituellement trois parties principales, savoir : le foyer A avec sa grille sur laquelle on jette le combustible, le creuset B ou s'effectue la fusion et la cheminée C.

Le foyer de chauffe et le creuset sont couverts par une même voûte qui se prolonge jusqu'à la cheminée. La communication entre celle-ci et le four est établie au moyen du canal d'échappement D qu'on appelle *rampant*. La cheminée se trouve toujours placée à l'extrémité opposée à la grille, afin que la flamme et les gaz puissent traverser le four dans toute sa longueur.

Le *pont* F qui sépare la grille du creuset, sert à éviter le mélange du combustible avec la fonte et à préserver cette dernière du contact de l'air. Sa partie supérieure s'appelle *autel*, et l'on donne le nom générique de *sole* à la surface plus ou moins inclinée qui s'étend entre l'autel et le rampant de la cheminée.

341. — Il doit exister évidemment, un certain rapport entre les différentes parties d'un four à réverbère; mais jusqu'à présent on n'a pas encore déterminé des règles bien précises et on s'en rapporte plutôt aux résultats de l'expérience.

Le succès de l'opération est plus complet et la consommation du combustible est diminuée, si l'on établit la surface de la sole trois fois plus grande que celle de la grille et si l'aire du vide laissé entre les barreaux de la grille est à celle de la section du rampant comme 3 1/2 est à 1. Ce rapport est d'ailleurs déterminé d'une manière plus positive, en ayant égard à la nature du combustible.

Lorsque le fourneau est entièrement construit et préparé pour la mise en feu, on peut seulement vérifier si les dimensions de la chauffe et du rampant sont bien établies, quand après l'expérience de plusieurs fusions, on s'est assuré que le fourneau s'échauffe uniformément dans toutes ses parties. — Si la fonte placée près du pont est liquéfiée plus vite que celle placée près de la cheminée, on peut en conclure que le tirage est trop faible et que l'ouverture du rampant est trop petite. Si au contraire, le métal qui est le plus éloigné du creuset est fondu le premier, c'est un signe que la flamme traverse le four trop rapidement et que l'orifice du rampant est trop grand.

342. — L'air extérieur doit être amené librement sous la grille; c'est pourquoi la plupart des fourneaux à réverbère sont placés en dehors des ateliers de fonderie et communiquent seulement avec eux par l'endroit où l'on puise la fonte.

Le foyer de chauffe est construit au-dessus d'une fosse dans laquelle le fondeur descend par quelques marches, comme l'indique la *fig.* 1re, *pl.* 7. Cette fosse qui est destinée à augmenter le tirage, doit être assez profonde pour que les charbons embrasés qui s'échappent de la grille, ne puissent pas en s'y amoncelant, échauffer et dilater l'air environnant.

L'écartement des barreaux dépend de la grosseur et de la nature du combustible qu'on emploie. Des barreaux trop écartés laissent tomber les petits fragments de houille et présentent des vides par lesquels il pénètre dans le foyer une certaine quantité d'air froid qui est nuisible à l'opération. Des barreaux trop rapprochés se couvrent de cendres qui gênent le tirage, quelque soin qu'on prenne de nettoyer la grille. L'écartement qu'on donne le plus ordinairement varie de 15 à 20 millimètres.

343. — La distance de la grille à la surface supérieure de l'autel dépend de la nature de la houille et de la longueur du fourneau. On doit baisser la grille si le four est peu allongé et si la houille est grasse, parce que l'effet de la flamme serait trop immédiat et trop sensible. Il faut l'élever, si l'on brûle de la houille maigre, afin qu'on puisse profiter de toute la chaleur qu'elle développe.

La hauteur du pont varie de 15 à 30 centimètres suivant les autres dimensions du fourneau. Il est toutefois important de bien la déterminer. On doit employer des ponts peu élevés dans les petits fours où la température est ordinairement plus faible que dans les fours de grandes dimensions. Un pont trop haut nuit aux progrès de la fusion, quoiqu'il préserve mieux le métal de l'oxidation, que s'il était plus bas.

344. — Les formes qu'on donne le plus habituellement à la sole, sont celles d'un rectangle ou d'un trapèze; cette dernière paraît préférable parce que le four devient rétréci vers le rampant (*fig.* 16 *pl.* 7) et parce que la partie la plus large qui est placée vers la grille reçoit toute l'intensité de la chaleur. Si l'on emploie la forme rectangulaire, on fait bien de la ramener par deux lignes courbes à la largeur de la cheminée. Il ne serait pas naturel que la sole formât un ventre au milieu de sa longueur; cette disposition compliquerait la construction du four et nuirait à sa solidité; elle ne serait en outre d'aucune utilité pour le chauffage.

Pour qu'on puisse tirer le meilleur parti possible de toute la chaleur développée par le combustible, il faut proportionner la longueur de la sole à sa largeur. L'expérience a produit qu'on pouvait établir ces deux dimensions dans le rapport de 2 à 1. Si cependant on active le fourneau avec de la houille grasse, il est avantageux d'augmenter la longueur et de la faire quelquefois trois fois grande comme la largeur. Si au contraire, on brûle de la houille sèche qui dégage peu de flamme, on doit reprendre la proportion de 2 à 1 et souvent même la porter de 3 à 2.

L'étendue du foyer ne laisse pas que d'exercer une certaine influence sur la

marche du travail. Si la sole est trop courte, la flamme traverse le fourneau en peu de tems et porte la chaleur dans la cheminée; si au contraire, elle est trop longue, la fonte se refroidit.

L'inclinaison de la sole est une question qui n'est pas encore bien résolue. Le raisonnement paraît indiquer de préférence, une sole horizontale ou d'une très-faible pente vers le trou de la coulée, dans le but de faciliter l'écoulement de la fonte.

Dans les fourneaux où la sole et la voûte sont horizontales, la flamme communique au foyer dans toute son étendue, le même degré de chaleur, jusqu'à ce qu'elle soit arrivée à l'embouchure du rampant. Cette circonstance paraît devoir être la plus favorable, parce qu'alors le combustible est brûlé avec le plus d'effet possible et parce que la capacité du fourneau est utilisée entièrement, puisqu'on peut charger toute la sole.

Quelque valeur qu'aient ces raisons, elles n'ont pu jusqu'aujourd'hui déterminer un grand nombre de praticiens qui préfèrent encore les soles inclinées. Cependant, il est certain qu'une inclinaison trop forte est toujours nuisible :

1° Parce que la fonte subit un très-grand déchet et blanchit sous le contact de l'air lorsqu'elle se rend en très-petits filets dans le creuset, la fonte grise provenant de minerais réfractaires, peut seule résister sans changer de nature;

2° Parce que la fonte ne pouvant être chargée que sur la partie supérieure de la sole, on est obligé d'augmenter la hauteur de la voûte, ce qui empêche la concentration de la chaleur;

3° Parce que les jets ou tous autres petits fragments de métal peuvent glisser facilement, parvenir dans le creuset sans être liquéfiés et refroidir le bain;

4° Parce qu'une partie de la fonte solide placée près de l'autel ne baigne jamais dans la fonte liquide qui en faciliterait la fusion et reste exposée à l'action du courant d'air qui l'affine et la réduit en *carcas*.

Quant à la consommation du combustible, nous pouvons garantir, d'après nos expériences, qu'elle est plutôt moindre que plus élevée, dans un four dont la sole inclinée est bien disposée que dans un four à sole horizontale, si le travail est conduit par un ouvrier intelligent.

345. — L'inclinaison de la sole détermine celle de la voûte; on peut cependant abaisser celle-ci vers le rampant, parce que la température tend toujours à diminuer assez promptement aux environs de la cheminée.

L'élévation de la voûte au-dessus de la sole dépend de la largeur de celle-ci et de la surface de la grille; une voûte trop élevée concentrerait mal la chaleur; une voûte trop abaissée nuirait au chargement du fourneau et empêcherait d'y placer autant de métal que le combustible placé sur la grille pourrait en fondre. Dans les fourneaux où la sole est horizontale, on donne ordinairement à la voûte,

une hauteur telle que l'aire de la section verticale prise dans la partie la plus large du foyer soit égale aux trois quarts de la surface de la chauffe.

346. — Le succès du fondage dépend des dimensions exactes du rampant. Il est de la plus haute importance d'établir cette ouverture d'une manière convenable et l'expérience est le guide le plus sûr qu'on puisse consulter. Lorsque le rampant est trop large, la dilatation de l'air et par suite le tirage deviennent très-faibles. Si l'on rétrécit cet échappement, on force l'air dilaté et la flamme de s'arrêter dans le fourneau. Il faut cependant craindre que la combustion ne soit pas assez rapide, ni la chaleur assez intense, quand le rampant est trop étroit.

On a reconnu que le tirage est plus grand, lorsque le rampant s'élargit vers la cheminée, parce que l'air chaud et la fumée s'écoulent avec une plus grande vitesse s'ils se répandent librement dans un espace dont la largeur croit au fur et à mesure qu'elle s'éloigne d'une ouverture resserrée.

Il ne faut pas que ce canal soit placé trop au-dessus de la sole, parce que la flamme suivant alors la direction de la voûte, la chaleur développée par le combustible ne produirait que peu d'effet sur le métal rassemblé dans le creuset

347. — L'ouverture de la cheminée doit être toujours plus grande que la section du rampant, afin qu'une fois celle-ci dépassée, la flamme et la fumée puissent s'échapper avec rapidité.

La hauteur des cheminées ne peut être moindre de 10 à 12 mètres, et on est souvent obligé de la porter jusqu'à 23 et 25 mètres, surtout lorsqu'il existe dans les environs, des bâtiments qui peuvent gêner le mouvement de l'air. — Le tirage est d'autant plus fort que la cheminée est plus élevée, parce que la pression de l'air atmosphérique est moins sensible dans les régions supérieures et par conséquent moins nuisible à la sortie des vapeurs dilatées qui se dégagent du fourneau. La largeur des cheminées doit être au moins de 0,30 à 0,35; mais on doit craindre de trop augmenter cette dimension.

La dilatation est toujours imparfaite et le tirage toujours trop faible dans les cheminées qui ont une trop grande largeur. Ces inconvénients sont dus à l'action de deux courants opposés qui s'établissent dans le conduit, l'un formé de l'air atmosphérique qui descend, l'autre composé de l'air dilaté qui remonte. Il suit de là, que, lorsqu'on veut disposer une seule cheminée pour plusieurs fourneaux, on doit diviser l'intérieur en autant de compartiments qu'il y a de foyers.

Pour qu'on puisse régler d'ailleurs le mouvement de l'air, d'une manière utile à la marche des fours, il est toujours essentiel de recouvrir les cheminées d'un registre à bascule tel que celui dont nous indiquons la disposition par la fig. 19, pl, 7. L'usage de ce registre est indispensable, lorsqu'il s'agit d'augmenter ou de diminuer le tirage, suivant les besoins du chauffage.

348. — *Construction des fours à réverbère.* — On emploie des briques réfractaires de première qualité pour la construction de la voûte, du pont et du creuset des fours à réverbère (1).

La voûte doit être construite avec beaucoup de soins, et les briques assemblées avec un mortier très-liquide d'argile réfractaire doivent offrir des joints de la plus mince épaisseur qu'il est possible. C'est surtout près du pont, à l'endroit où l'atteinte du feu se fait le plus sentir, qu'il est essentiel de soigner la construction de la voûte. Outre la dépense qu'occasionnerait le remplacement répété des briques fondues ou tombées, on aurait encore à craindre une grande perte de chaleur et la formation d'un laitier visqueux qui recouvrant le métal, nuirait aux progrès de la fusion.

Une voûte mal construite ne peut supporter que huit ou dix fondages, tandis qu'une autre établie avec soin peut résister à 60 et même à 80 fusions.

Pour éviter la déperdition de la chaleur et pour garantir l'enveloppe en briques, on remplit ordinairement les creux que forme la voûte avec un massif en maçonnerie ou avec des matières peu conductrices du calorique telles que du fraisil, du laitier concassé, etc., etc., recouvertes d'une couche d'argile, de manière que la partie supérieure du four offre une surface plane comme l'indiquent les fig. 15, 17 et 18.

349. — La sole se compose d'une épaisseur de sable très-réfractaire bien battue en pisé sur une maçonnerie en pierres qui peuvent résister à la calcination.

Une des meilleures matières qu'on puisse employer pour la confection de la sole est du sable de rivière très-pur. Il ne faut pas négliger de disposer dans le massif, des canaux destinés à l'échappement des vapeurs.

350. — La cheminée est la partie la plus dispendieuse de la construction d'un four à réverbère, à cause de l'élévation qu'il convient de lui donner. Elle doit être appuyée sur de solides fondations et retenue à différents points de sa hauteur par des tirants en fer. — On a l'habitude de diminuer l'épaisseur des murs vers le haut, afin d'économiser des matériaux et de diminuer la pression exercée sur la base.

La partie intérieure de la cheminée jusqu'à 1 m ou 2 m de la sole est construite

(1) A Indret, les briques réfractaires destinées aux fours à réverbère, étaient confectionnées avec une célérité remarquable, au moyen d'un mécanisme assez simple. La terre préparée à l'avance était chargée dans un cylindre creux où un piston venait la refouler. Elle s'échappait par un orifice rectangulaire placé à la partie inférieure du cylindre et elle était tranchée à la longueur voulue par un couteau horizontal lié par deux tirants au balancier qui faisait mouvoir la tige du piston.



en briques réfractaires; mais on peut employer des briques communes pour tout le reste, une fois cette hauteur dépassée.

Lorsque les fondations sont larges et lorsqu'on dispose de matériaux de bonne qualité, on peut se dispenser de multiplier les tirants en fer, comme on le fait quelquefois. — On compose alors la cheminée de plusieurs assises à chacune desquelles on donne un retrait qui réduit successivement leur largeur. — On peut encore éviter l'emploi du fer en construisant une cheminée (148) semblable à celle qui est représentée par la *fig.* 8 *pl.* 2. Mais quoique nous puissions garantir la solidité de cette cheminée qui est d'une construction très-simple, nous n'en conseillons pas l'emploi, parce que la multiplicité des surfaces la rend trop accessible à l'atteinte de l'air atmosphérique qui nuit toujours au tirage.

251. — Les barreaux de la grille sont ordinairement faits en fonte blanche, parce que celle-ci est moins oxidable que la fonte grise et que le fer forgé. Ils sont disposés sur deux sommiers ou porte-grilles aussi en fonte.

Quelle que soit la nature des barreaux, ils ne peuvent résister longtems à l'action du combustible avec lequel leur surface supérieure est toujours en contact. On a essayé sans succès bien prononcé de rendre cette surface un peu concave, afin que les cendres pussent s'y arrêter et protéger la fonte contre l'oxidation.

Nous pensons qu'on obtiendrait un effet plus avantageux avec une grille dans laquelle on ferait circuler un léger courant d'eau. — En pratiquant aux barreaux quelques trous d'un diamètre extrêmement petit, on pourrait injecter à travers le combustible, une très-faible quantité de vapeur d'eau qui, en se décomposant fournirait une certaine dose d'oxigène dont l'addition devrait être de nature à augmenter le chauffage.

352. — La forme de la sole détermine la position des ouvertures qu'on doit ménager au four à reverbère; mais on en laisse ordinairement trois : l'une pour charger le combustible; l'autre pour charger le métal et la dernière pour puiser la fonte (1).

La porte de chargement du combustible est placée au-dessus de la grille; elle est évasée en dehors pour la commodité du chargeur. Elle doit être assez grande pour que le combustible puisse être répandu uniformément sur toute la grille; mais il faut éviter de la faire trop grande parce que l'air froid pénètre alors dans le four et diminue le tirage. Le moyen le plus commode d'intercepter l'entrée de l'air est de la boucher avec une ou deux pellées de houille menue qu'on relève en talus.

---

(1) Dans les fours à cuivre, où l'on coule à la percée, l'orifice placé au-dessus du trou de coulée sert à introduire l'étain ou le zinc qui doivent former les alliages.

L'ouverture par laquelle on introduit le métal dans le four, est établie au-dessus de la sole; elle est habituellement très-grande pour qu'on puisse charger de très-gros colis. On la ferme par une porte composée d'un cadre en fer qui retient une cloison *m m* de briques réfractaires bien assemblées avec un mortier argileux (*fig.* 15 *pl.* 7). — Cette porte qui est conduite entre deux rainures, est soulevée au moyen d'un contre-poids dont la chaîne glisse sur une poulie. Pendant le foudage, on répand contre la cloison, du sable sec qui garantit la sole du contact de l'air atmosphérique, puis on bouche tous les joints avec de l'argile.

Le trou *n* percé au milieu de la portière indique au fondeur à quel point se trouve la fusion; on le tient fermé par un bouchon de terre glaise.

L'ouverture qui sert à puiser la fonte est placée au-dessus du creuset, soit que celui-ci se trouve contre le pont, soit qu'il existe sous la cheminée à l'extrémité du four.

Cette ouverture est fermée pendant la fusion par une grande brique réfractaire au milieu de laquelle est fixé un anneau qui sert à l'enlever plus facilement. On peut comme à la porte de chargement, y conserver un petit orifice par lequel on observe la marche du fourneau.

353. — On évite le plus souvent qu'il est possible de puiser la fonte avec des poches. Cette opération est toujours très pénible pour les ouvriers, parce que l'épaisseur du four les force de prendre une position difficile pour atteindre le fond du creuset; elle est nuisible d'ailleurs à la qualité des produits, la fonte demeurant soumise pendant toute la coulée à l'action de l'air qui la refroidit et qui la dispose à blanchir.—Pour éloigner cet inconvénient, on laisse au-dessous de la portière d'épuisement, un trou de coulée qui communiquant avec le fond du fourneau, sert à le vider entièrement, en conduisant la fonte directement dans les moules, ou bien encore dans les poches des mouleurs, ainsi qu'on le fait pour les cubilots.

354. — L'ensemble des fours à réverbère doit toujours être construit avec soin. On consolide toute la masse au moyen d'*armatures* en fonte retenues par des boulons et des tirants en fer. Quelques fondeurs garnissent les costières d'une double enveloppe en pierre, afin d'atténuer l'effet des gerçures produites par la mise en feu et pendant le travail.

Dans les usines où les fours à réverbère sont exposés à l'air, on a soin de les mettre à l'abri des eaux pluviales par une toiture fort simple (*fig.* 15 *pl.* 7).

355. — Pour compléter nos données sur les fours à réverbère, nous renverrons nos lecteurs aux fig. 17 et 18 donnant des coupes verticales en longueur de deux fours dont le creuset est situé près de l'autel. — Cette disposition est souvent avantageuse en ce que la fonte demeure plus longtems liquide, produit moins de carcas et subit moins de déchet que dans les fours semblables à celui qui est représenté par les fig. 15 et 16.

Le fourneau fig. 17 peut servir à mettre en fusion 500 ou 600 kilog. de fonte

tout au plus. Par cette raison, nous le recommanderons de préférence pour la fonte du cuivre.

Le fourneau fig. 18 pourrait contenir au besoin 3000 à 3500 kilog. de fonte. On a reconnu l'utilité d'une double voûte à cause de la grande longueur de la sole et aussi dans le but de rapprocher la flamme de la surface du bain. Mais la construction de ce four est coûteuse et exige de fréquentes réparations.

En résumé, les fourneaux à réverbère les plus usités pour la fonte de fer sont ceux qui se rapprochent de la forme de celui qui est indiqué par les fig. 15 et 16 et dont nous avons pris le dessin aux fonderies d'Indret. — On peut y liquéfier environ 3,000 kilog. de fonte, bien que les dimensions soient des plus petites. Il est évident qu'on pourrait construire sur ce modèle, des fourneaux capables de contenir jusque 20 ou 25 mille kilogrammes, mais comme nous aurons encore occasion de le répéter quelques paragraphes plus loin, on a dû préférer pour la coulée des pièces importantes, les cubilots, auxquels on est parvenu aujourd'hui à donner les proportions les plus élevées.

356. — *Du chargement des fours.* — La fonte qu'on peut charger le plus commodément dans les fours à réverbère, est celle qui est coulée en saumons ou sapots d'environ 8 à 10 centimètres d'équarissage. On dispose les saumons sur plusieurs rangées en forme de grilles et on fait en sorte que la première ne soit pas appuyée sur la sole; ce qu'on obtient en l'établissant sur des supports formés par des briques réfractaires. Cette disposition sert à favoriser le passage de la flamme et à augmenter son effet, puis qu'ainsi elle se trouve en contact avec la plus grande partie de la surface du métal.

Si l'on ne doit point trop serrer les morceaux de fonte afin d'obtenir le résultat dont nous parlons, on ne doit point non plus les placer à de trop grands intervalles les uns des autres, parce qu'alors on ne pourrait utiliser convenablement la capacité du foyer, et parce que d'ailleurs, la flamme passant trop librement entre les fragments, ne produirait pas tout son effet et causerait une forte oxidation.

S'il se trouve qu'on ait à charger à la fois des morceaux de fonte de différentes grosseurs, il est bon de placer ceux qui présentent le plus de volume par dessus les autres et de les rapprocher du pont, la chaleur étant ordinairement plus intense à cet endroit, qu'en toute autre partie du fourneau.

Il est nécessaire d'user du même procédé pour les morceaux de fonte les plus réfractaires, qui évidemment doivent se trouver le plus près possible du coup de feu.

Le chargement des soles inclinées s'exécute plus difficilement que celui des soles horizontales sur lesqu'elles on n'a qu'à disposer la fonte uniformément, tandis que sur les premières, on doit craindre de ne pas pouvoir introduire dans le fourneau la quantité de métal qui lui convient, ou de voir quelques morceaux mal soutenus glisser et tomber non fondus dans le creuset.

Dans un grand nombre d'usines, on charge le fourneau et on ferme hermétiquement

quement la porte de chargement avant la mise en feu. Dans quelques autres où la sole peut être chargée facilement et promptement, on chauffe le foyer au rouge avant l'introduction du métal, pendant laquelle on a le soin d'abaisser le registre de la cheminée pour concentrer la chaleur dans l'intérieur. Par cette opération, la fusion est plus instantanée, la fonte est plus liquide et le déchet moins fort, mais on augmente la consommation du combustible. On doit employer ce procédé de préférence, quand on opère dans des fours neufs qui absorbent beaucoup de chaleur, ce qui ralentit la fusion.

357. — *Travail des fours et mise en fusion.* — Nous ne nous étendrons pas sur le séchage des fours à réverbère; ce travail est fort simple, puisqu'il consiste à entretenir un feu doux sur la grille et à l'augmenter graduellement quand on s'aperçoit que le four commence à s'échauffer et que la maçonnerie ne sue plus. Un feu poussé trop vivement ne manquerait pas de provoquer de nombreuses crevasses.

Le point essentiel pendant la fusion, est d'empêcher l'air extérieur de pénétrer dans le foyer, ce qui s'obtient facilement lorsque les différentes ouvertures sont bien hermétiquement fermées.

L'attention toute entière du fondeur doit se porter sur l'entretien de la grille. Celle-ci doit être chargée promptement et ne jamais manquer de combustible. Il arrive quelquefois qu'elle s'engorge et qu'elle ne jette plus qu'une faible chaleur, si surtout la houille produit beaucoup de fraisil et de cendres. Il faut alors avoir soin de la dégager en introduisant un crochet plat entre les barreaux et en faisant tomber la houille brûlée. Cette opération qui ranime toujours l'effet du combustible est celle que les fondeurs appellent *donner à la grille*; elle ne doit toutefois avoir lieu que lorsqu'elle est absolument nécessaire; répétée trop souvent, elle occasionnerait une forte dépense de combustible.

Le volume de chaque charge jetée sur la grille dépend de la nature du charbon et des dimensions de la chauffe.

On doit éviter d'introduire à la fois dans le fourneau, une trop forte quantité de houille qui serait lente à s'allumer, refroidirait d'abord le foyer et dégagerait ensuite une forte expansion de flamme qui s'élèverait dans la cheminée sans profit pour la fusion. — Il faut donc se contenter d'entretenir sur la grille un feu bien uniforme et de distribuer les pelletées de houille de manière à ne laisser aucun endroit dégarni.

Au commencement du travail, on jette les charges de dix en dix minutes environ; mais on a soin de les retarder quand toute la fonte commence à entrer en liquéfaction. Il arrive de cette manière, qu'en approchant du terme de la fusion, on ne renouvelle la grille que de quart d'heure en quart d'heure.

Comme on peut le voir, la fusion dans les fours à réverbère est fort simple;

mais si l'on ne surveille pas avec attention la distribution des charges, l'entretien du feu, etc., etc., on doit craindre de brûler une forte partie de la fonte, d'élever outre mesure la consommation du combustible, et enfin de compromettre le succès du fondage.

Les trous de regard laissés à la porte de chargement et à celle du creuset indiquent au fondeur la marche du fourneau, et l'aident à conduire son travail.

La flamme qui sort du fourneau peut aussi lui servir de guide. Si elle s'élève à une trop grande hauteur au-dessus de la cheminée, ou si elle est intermittente, c'est un signe que les charges de charbon sont trop fortes ou mal réglées. Par une bonne marche, la flamme doit dépasser très-peu, mais constamment, le chapeau de la cheminée. Dès que la fusion est terminée, on ferme les registres et on procède à la coulée.

358. — Si l'on fait écouler la fonte, on la crame dans la rigole qui la reçoit, avec un tampon de chanvre fixé à une tringle en fer. Si on la puise, on en sépare le laitier dans le creuset même. On ne coule en puisant que lorsqu'on doit remplir une grande quantité de petits moules, ou lorsque la pièce à couler est trop éloignée du fourneau pour qu'on ne puisse établir un chenal sans craindre de perdre une partie de la fonte par le refroidissement. L'épuisement dure quelquefois très longtems et on est obligé de donner un nouveau coup de feu avant qu'il ne soit terminé.

Quand toute la fonte est employée, on enlève avec des ringards, le carcas qui est déposé sur la soie, en évitant d'endommager l'autel. Après que le four est refroidi, on répare la sole s'il est nécessaire. Une sole bien établie avec du sable très réfractaire peut supporter plusieurs fusions sans réparations essentielles.

Le tems que dure la fusion est assez variable; selon les proportions observées entre les différentes parties du fourneau, selon la qualité du combustible et selon la nature des fontes, il faut de 2 à 5 heures pour fondre 700 à 3000 kilog.

359. — Le travail d'un four à reverbère est confié à un seul ouvrier. Souvent même, cet ouvrier peut se charger de la conduite de deux ou trois fours; lorsqu'ils sont rapprochés les uns des autres, et lorsque la houille est déposée à la portée de chaque grille.

Suivant ce que nous venons de dire, que la fusion a lieu dans des tems inégaux, si l'on opère dans des fours dont les dimensions ne sont pas les mêmes, il est important que le fondeur prenne les dispositions convenables pour que le métal entre dans tous, au même moment, en liquéfaction. La fonte tenue longtems en bain acquiert un peu de ténacité, mais elle se refroidit et devient épaisse au point qu'elle n'est plus propre à remplir les moules et qu'elle se fige dans les poches.

360. — Les outils nécessaires pour la conduite d'un four à réverbère peuvent se borner à plusieurs ringards dont quelques-uns sont recourbés pour donner à la grille, à une ou deux pelles en fer avec manches en bois et à plusieurs outils du même genre que ceux des fondeurs de hauts fourneaux et de cubilots, pour la construction et la réparation des fours.

361. — Le déchet du fer cru dépend beaucoup de la rapidité avec laqu'elle celui-ci est mis en fusion, Si donc, on élève la température du four avec trop de lenteur, on augmente le déchet et on blanchit la fonte.

Comme dans les autres procédés de mise en fusion dont nous avons parlé, une grande partie de la perte du métal, provient des grains qui sont répandus dans l'usine. Quoi qu'il en soit, le déchet résultant de l'oxidation et de la fonte perdue dans les scories, peut être singulièrement élevé par un mauvais travail; nous l'avons vu varier de 6 à 15 pour cent, quand dans de bonnes conditions, il doit être maintenu entre 5 et 7.

362. — Le *carcas* est dû à l'action de la flamme et de l'air qui oxident, en passant la surface du bain. La couche est d'autant plus épaisse que le coup de feu est plus violent et mal dirigé. Si l'on obtient peu de carcas, il se compose d'une couche mince d'un oxide semblable aux battitures. Dans le cas contraire, l'épaisseur de cette couche est augmentée et ses parties sont formées d'une masse de fer plus ou moins affinée. Alors, outre la perte que subit la fonte, on voit s'élever la consommation du combustible, parce qu'il est nécessaire pour obtenir un bain liquide, d'activer la violence du feu.

La quantité de carcas que fournissent les fours à réverbère est soumise encore à la nature de la fonte.

La fonte blanche qui se liquéfie difficilement est soumise à l'oxidation quand elle s'échauffe avant sa fusion, quand elle s'écoule lentement dans le creuset et quand elle est en bain. Pour éviter ce triple inconvénient, on accélère l'opération en portant à un très haut degré la température du fourneau. De là, il naît une augmentation considérable de carcas. — En somme, nous ne conseillons pas l'emploi de la fonte blanche dans les fours à réverbère où, quelques soins qu'on prenne pour la mettre en fusion, on obtient toujours beaucoup de carcas, un grand déchet et une fonte pâteuse qui se fige promptement.

La fonte grise traitée avec soin dans un four bien construit, fournit peu et quelquefois pas de carcas. — Si elle est en petits fragments et oxidée d'avance sous le contact de l'air, elle donne souvent des carcas très-épais. Pour la traiter alors avec avantage, il est nécessaire de produire une chaleur rapide et intense. Nous ferons observer d'ailleurs, que les bocages provenant des petits objets, tels que par exemple, des pièces de poteries, des ornements plats, etc., etc., ne conviennent pas pour le travail des fours à réverbère. — Ils se tassent trop et

forment sur la sole une masse compacte dont la surface reçoit seule l'atteinte de la flamme. Les inconvénients qui dérivent de cette circonstance sont évidents et nous nous contenterons de signaler à cette occasion, un fait sensible en général dans la liquéfaction de tous les métaux, mais remarquable surtout dans la fusion du fer qui plus que tout autre, est soumis à l'oxidation, c'est que plus les fragments à fondre sont petits, plus le déchet est grand. En effet, plus les surfaces sont multipliées, plus elles tendent à s'affaisser sur elles-mêmes au moment de la fusion et à former une croûte ou peau qui est brûlée, ou qui se perd dans les scories, ou qui recouvre le bain à l'échauffement duquel elle s'oppose. Toutefois ce résultat qui nous est donné par l'expérience, peut être évidemment modifié, par la manière dont le travail est conduit.

On arrive à conclure de ce que nous avons dit, que le carcas est un produit excessivement variable qui peut s'élever depuis un kilog. jusqu'à 100 kilog. pour 1000 kilogrammes de fonte introduite dans le fourneau. Le chiffre déjà extraordinaire que nous fixons est encore loin d'être un maximun, puis que par le feu violent et soutenu d'un four à réverbère et en agitant dans le creuset le métal liquide qui s'y tient, on parvient à l'affinage qui a pour but de transformer la fonte en fer ductile. De la formation du carcas, on comprendra que la fusibilité de la fonte doit nécessairement diminuer par chaque fusion qu'elle subit dans les fours à réverbère.

363. — La consommation du combustible est dépendante de la nature de la fonte, des proportions relatives que doivent avoir toutes les parties du four et surtout de l'habileté du fondeur.

Ainsi que nous l'avons déjà fait sentir, quelque simple que soit la conduite d'un four à reverbère, elle exige beaucoup d'habitude et beaucoup de soins de la part de l'ouvrier qui en est chargé. Un fondeur intelligent usera deux fois moins de charbon qu'un ouvrier maladroit, pour mettre en fusion une même quantité de fonte. La pesanteur spécifique qui n'est pas la même pour chaque espèce de houille, ne nous permet pas d'indiquer d'une manière générale, les bornes dans lesqu'elles doit être renfermée la consommation du combustible; mais en admettant que l'hectolitre de houille pèse 78 à 80 kilog. on peut poser qu'il suffit de 40 à 50 kilog. pour refondre 1000 kilogrammes de fonte, si le travail a lieu dans des conditions favorables.

364. — Cependant pour mieux fixer sur les chiffres du déchet, du carcas et de la consommation du combustible, nous donnerons les résultats suivants provenant de plusieurs fondages opérés dans le four à réverbère représenté par les fig. 15 et 16 *pl.* 7. — On brûlait de la houille de *Mons*.

N°s DES FUSIONS.	CONSOMMATION. HOUILLE.	FONTES ANGLAISES.	FONTES DE FOUR-CHAMBEAU.	FONTES GROS BOCAGES.	PRODUIT MOULAGES.	BOCAGES.	CARCAS.	DÉCHET.	TOTAL ÉGAL A LA CONSOMMATION.
1	1000	1200	800	»	1760	100	26	114	2000
2	1000	1200	1000	»	1811	120	60	309	2200
3	1000	1300	700	»	1700	150	50	100	2000
4	900	1100	500	300	1525	170	110	95	1900
5	980	1000	500	520	1700	110	90	120	2920
6	900	600	600	500	1183	345	72	100	1700
7	1000	1000	500	500	1850	110	120	120	2000

On peut remarquer dans ce tablean, qne les fusions n°s 4, 5, 6 et 7 dans lesqu'elles on a employé des bocages déjà refondus plusieurs fois, ont donné beaucoup plus de carcas que les fusions n°s 1, 2 et 3 composés de fontes pures.

C'est le même ouvrier qui a conduit les 7 fondages et on peut se convaincre qu'il a peu fait varier la consommation de la houille par rapport à la quantité de métal mis au fournean.

Le déchet extraordinaire qni est indiqué à la fusion n° 2 est dû à un long séjour que la fonte liquide a fait dans le creuset, parce que les moules n'étaient pas prêts à l'heure voulue.

L'ensemble des 7 fusions donne pour résultats :

Un déchet de 6 kil. 93 pour 100 kil. de fonte.
38 kilos de carcas pour 1000 kil. de fonte.
Une consommation de 490 kil. de houille pour 1000 kil. de fonte.

365. — *Des avantages et des inconvénients des fours à réverbère.* — Quels que soient leurs avantages, les fonrs à réverbère sont d'nn usage bien moins indispensable que les cubilots. Comme ces derniers, ils ne peuvent servir à la refonte de toute espèce de fer crû, ni soutenir le travail des mouleurs d'une manière régulière.

Les cubilots fournissent à toute heure de la journée, une plus ou moins grande quantité de fonte blanche ou grise, selon que les pièces l'exigent; les fours à réverbère au contraire, donnent à la fois une grande masse de fonte d'une même nature et qni ne peut convenir qu'au remplissage des moules de fortes dimensions. Il serait difficile en effet, d'employer la fonte de ces fourneaux à la fabrication

des petits objets, quand bien même on posséderait un matériel extraordinaire de chassis et de modèles. Nous expliquerons cette difficulté, en faisant observer qu'un grand nombre de ces objets doivent être coulés en fonte très-grise, tandis que d'autres demandent une fonte d'une qualité bien inférieure; outre cela, il faut encore avant de charger le four, calculer le poids de toutes ces pièces, de leurs jets, de leurs évents; etc., etc., afin de ne pas liquéfier une trop grande quantité de fonte; ce calcul qui ne peut être qu'approximatif est toujours inexact et occasionne souvent une forte perte de métal fondu mal à propos et par suite une grande dépense de combustible.

366. — Les fours à réverbère, ont long-tems présenté l'avantage de pouvoir couler des pièces d'un poids énorme, en réunissant simultanément la fonte de plusieurs fourneaux; mais ce privilége a disparu depuis qu'on a commencé à construire des cubilots dans lesquels on arrive à mettre en fusion à la fois 15 à 20,000 kilog. de fonte et même plus.

367. — La comparaison à établir entre les consommations en combustible de ces deux espèces de fourneaux, ne peut être guidée que par les localités. On peut croire cependant que cette comparaison est plus favorable aux fours à réverbère, puisque la houille dont on emploie un bien moindre volume que le coke dans les cubilots, offre de moins les frais de carbonisation et un déchet considérable. — D'un autre côté, le poids spécifique de la houille est beaucoup plus grand que celui du coke, ce qui produit une certaine différence dans les prix de transport, pour les usines qui tirent ce dernier directement des houillères.

368. — La construction des fours à réverbère qui est assez dispendieuse d'ailleurs, offre cependant des frais d'établissements moins considérables que celle des cubilots qui ne peuvent être activés sans le secours d'une soufflerie mue par une force motrice suffisante. Ce fait est à considérer principalement, lorsque par des causes accidentelles, on est obligé de construire des fonderies provisoires.

369. — Quoiqu'il soit en usage de tirer parti du carcas, en le traitant dans les feux d'affinerie, c'est toujours une perte assez sensible qu'éprouve le fabricant. Cette perte augmente le déchet et forme un ensemble infiniment variable qui, lorsque la fusion est conduite par un ouvrier inhabile, s'élève outre mesure et dépasse de beaucoup le déchet ordinaire du fer crû refondu dans les cubilots.

370. — Voici dans quels cas les plus essentiels, on doit construire des fours à réverbère :

1° Quand on ne peut obtenir sans une dépense extraordinaire, un moteur pour la soufflerie des cubilots (circonstance devenue très-rare par l'emploi des ventilateurs).

2° Quand on doit refondre des morceaux d'une grosseur telle, qu'ils ne peuvent être chargés dans les cubilots.

3° Quand on veut que les fontes conservent ou acquièrent une grande résistance, comme par exemple pour la fabrication des bouches à feu (dont maintenant d'ailleurs on coule une partie dans les wilkinsons).

4° Quand les machines soufflantes dont on dispose, ne permettant pas d'établir un grand nombre de cubilots, on les emploie pour aider ces fourneaux dans la coulée des grosses pièces.

5° Quand par des circonstances extraordinaires, on est forcé d'établir momentanément, une fonderie destinée à des travaux qui doivent être exécutés sur place.

En général, l'emploi des fours à réverbère n'est réellement avantageux sous le rapport de l'économie du métal et du combustible, que dans le cas où la fabrication est assez étendue et assez suivie pour qu'on puisse opérer consécutivement plusieurs fondages.

DES FOURS A CREUSETS.

371. — *Des fontes qui conviennent à cette méthode.* — La fonte liquéfiée dans des creusets subit bien moins d'altération que lorsqu'elle est traitée par tout autre mode de fondage; en effet, elle n'est pas en contact avec le combustible, ni avec l'air atmosphérique. Pour cette raison, la fonte noire n'est pas convenable à ce genre de travail parce qu'elle devient graphiteuse et parce qu'elle acquiert difficilement assez de liquidité pour remplir des moules d'objets délicats.

La condition essentielle à remplir pour la fabrication des petits objets coulés avec le fer cru qu'on refond dans les creusets, est la netteté de la surface. — On fait bien d'éviter à cause de cela, l'emploi de la fonte très-grise qui est plus douce que toute autre fonte, mais qui est trop poreuse pour donner une belle surface.

On doit donc choisir de préférence une fonte mêlée un peu sèche ou une fonte grise qui a déjà subi une ou deux fusions au cubilot ou au four à réverbère.

On peut néanmoins utiliser avantageusement la fonte noire produite par des minerais un peu réfractaires dans des ouvrages hauts et rétrécis, en la mêlant avec une proportion convenable de jets déjà refondus plusieurs fois. — C'est même le mélange qui est le plus ordinairement employé, pour la fusion dans les creusets.

372. — *Du combustible employé pour la fusion.* — Le combustible le plus en usage est le coke. Il fournit une chaleur plus intense et il brûle moins vite que le charbon de bois. La bonne qualité du coke qui n'est pas alors en présence immédiate de la fonte, n'est pas aussi exigible que s'il était destiné au travail des cubilots. On peut employer au besoin le coke provenant de la distillation, quoique souvent il renferme encore des parties sulfureuses (305).

On réussit bien à opérer la fusion dans les creusets en ne brûlant que de la houille crue; mais ce procédé qui apporte une certaine économie, demande un vent rapide et un travail plus suivi, parce que la grille s'obstrue souvent. Il est par ces raisons, encore plus difficile de le mettre en œuvre dans un four à courant d'air.

On n'emploie le charbon de bois que dans des fourneaux à air de peu de tirage, ou lorsque ce combustible est d'un prix peu élevé.

Les fondeurs des petites villes où il n'y a point de fonderies à cubilots sont ceux qui font principalement usage du charbon de bois ou de la houille, parce qu'ils fabriquent si peu qu'il leur est difficile de se procurer la faible quantité de coke que leurs fourneaux consomment, quand partout on rencontre du charbon de bois.

363. — *Formes et dimensions des fours.* — *Leur construction.* — Le vide intérieur, ou autrement dit la cuve des fours à creusets, est ordinairement d'une forme prismatique ou cylindrique. On adopte le plus souvent la forme du four indiqué par les *fig.* 22 *et* 23 *pl.* 7, parce que les angles retiennent le charbon et permettent d'employer des creusets beaucoup plus grands qu'on ne le ferait dans les cuves cylindriques, où, si l'on voulait ménager l'espace, on ne pourrait brûler le combustible que concassé en très-petits fragments.

La hauteur des fours varie entre 60 et 70 centimètres; leur largeur est déterminée par le diamètre des creusets dont on se sert. De la qualité du charbon dépend principalement la profondeur des cuves. Il est évident que cette profondeur doit être d'autant plus grande que le combustible est plus léger. Elle doit avoir au moins 70 centimètres quand on brûle du charbon de bois.

374. — On pourrait disposer les fours de manière à y placer plusieurs creusets; mais ce procédé présenterait peu d'avantages pour la consommation du combustible et donnerait au fondeur, un travail plus incommode que les fours à un seul creuset. Lorsqu'on veut appliquer en grand, ce système de fondage, on dispose sur une même ligne, plusieurs fourneaux séparés les uns des autres par des cloisons en briques réfractaires, mais tous réunis dans le même massif de maçonnerie et communiquant avec la même cheminée. — Alors, on a soin de placer un registre horizontal au-dessus du rampant de chaque four, et de régler la distribution du vent au moyen de robinets placés sur les tuyaux de la conduite. — Cette disposition permet de ne faire marcher qu'un seul four, lorsqu'on n'a que peu d'objets à couler.

375. — Anciennement, la plupart des fours à creusets étaient alimentés par le vent d'un ou de plusieurs soufflets. Depuis, on a parfaitement réussi à activer ces fourneaux par un courant d'air amené librement sous la grille. Quelque soit la disposition qu'on prenne, ce moyen manque rarement son effet lorsqu'on fond du cuivre; mais pour la fusion du fer cru, il est essentiel que la fosse qui amène l'air soit débarrassée de tout obstacle environnant qui pourrait nuire au tirage

et tournée s'il est possible, vers le nord. Il est avantageux encore que l'espace placé sous la grille soit assez profond pour que l'amas des cendres et des charbons embrasés passant à travers les barreaux ne soit pas préjudiciable à la marche de l'opération. La fig. 24 donne un exemple d'un four à air.

Lorsqu'on active les fourneaux par le vent d'une machine soufflante ou par un courant d'air, il est toujours bon d'admettre comme pour les fours à réverbère, un certain rapport entre la surface de la grille et l'aire de la section du rampant.

376. — On peut établir des fourneaux à creusets dans tous les endroits où on dispose d'une cheminée. On se sert très bien de la cheminée d'un four à réverbère, si l'on fond au creuset pendant les jours ou celui-ci ne fonctionne pas.

Il suffit de construire la première enveloppe des cuves à creusets avec des briques réfractaires présentant à l'intérieur leur partie la moins large. Le reste de la maçonnerie peut être achevé en briques communes et consolidé par un assemblage de tirants et de boulons. On a soin de garnir le gueulard d'un cadre en fonte qui sert à protéger les briques supérieures que, sans cette précaution, le fondeur détruirait promptement quand il travaille dans le fourneau (fig. 22 et 23).

377. — *Des creusets.* — Les creusets sont ordinairement confectionnés en argile réfractaire, en grès ou en graphite. — Quoique ces derniers qu'on désigne dans les fonderies sous le nom de creusets en *mine de plomb*, soient d'un prix plus élevé que les creusets en grès, ils doivent être cependant employés de préférence parce qu'ils demandent beaucoup moins de précautions que ceux-ci pour être mis en feu et parce qu'ils sont d'un plus long usage.

Au reste, les creusets en graphite sont plus souvent mis en usage dans les petits établissements, parce que leur approvisionnement est facile. — On ne trouve pas partout des creusets en terre ou en grès; et malgré le peu de valeur de ceux-ci, ils deviennent encore plus dispendieux que les creusets en graphite à cause des frais de transport et d'emballage dont la proportion devient plus forte pour des creusets qui ne servent qu'une fois, et à cause aussi, de la perte qu'on éprouve par les creusets cassés ou *étoilés* dans le transport.

Parmi les creusets en terre, on choisit préférablement ceux dits de *Picardie*, qui lorsqu'ils sont conduits avec les soins que nous indiquerons plus loin, servent avantageusement à la fusion de la fonte et du cuivre.

Ces derniers creusets sont d'un usage presque général à Paris. Pour bien les conserver, il est bon de les mettre dans un magasin où il ne peut pénétrer aucune humidité, et de les placer sur des planches les uns à côté des autres sans les empiler, car il suffit de la moindre pression pour les *étoiler*. Quelque bons que soient les creusets de Picardie, il est rare qu'on réussisse à y opérer plus de cinq

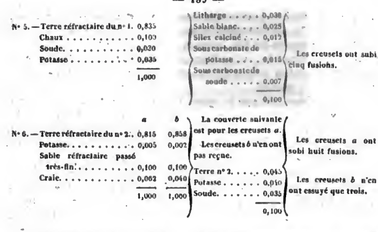
à six fusions. Et d'ailleurs il est nécessaire que ces fusions soient faites sans désemparer et sans qu'on laisse les creusets se refroidir.

378. — On a fait de nombreux essais pour obtenir des creusets à la fois moins coûteux que ceux de graphite et d'une composition plus durable que ceux de Picardie. Nous ne savons pas qu'on ait obtenu jusqu'alors des résultats pleinement satisfaisants. — Il est cependant certain que dans les localités où l'on possède de bonnes terres réfractaires, on pourra arriver à une composition propre à donner de bons creusets. Il faudra pour cela, mettre une grande persévérance à bien constituer les mélanges utiles pour que les terres parviennent à acquérir du liant, de la solidité et de la résistance au feu, sans toutefois, qu'elles deviennent plus fusibles.

Pour renseigner sur les préparations qu'on pourrait essayer d'aborder, au cas où l'on voudrait entreprendre la fabrication des creusets réfractaires, nous donnons les résultats de quelques compositions que nous avons mises en œuvre, il y a plusieurs années à l'usine royale d'Indret, sous les auspices de M. Zéni ingénieur de la marine et sous-directeur de cet établissement.

Pâtes.		*Couvertes.*	
N° 1. — Terre très-réfractaire de couleur blanche, contenant quelques parties de silex	0,50	Sans couverte.	Les creusets de cet échantillon ont subi quatre fusions.
Silex broyé très-fin et tamisé	0,50		
	1,00		
N° 2. — Terre très-réfractaire de couleur un peu jaunâtre, plus grasse et plus liante que la précédente	0,50	Sans couverte.	Les creusets ont subi huit fusions.
Silex broyé très-fin et tamisé	0,50		
	1,00		
N° 3. — Terre réfractaire du n° 1	0,50	Silex broyé 0,030	Les creusets ont subi cinq fusions.
Idem idem du n° 2	0,50	Chaux 0,020	
	1,00	Terre fusible . . . 0,050	
		0,100	

	a	*b*	La même couverte pour les deux essais.	
N° 4. — Terre réfractaire du n° 1	0,140	0,240	Terre n° 1 0,040	Les creusets *a* ont subi quatre fusions.
Idem idem du n° 2	0,320	0,600	Chaux 0,001	
Chaux	0,010	0,005	Potasse 0,001	
Potasse	0,050	0,015	Silex 0,009	Les creusets *b* ont subi cinq fusions.
Silex	0,020	0,025	Borax non calciné. 0,024	
Phosphate de chaux (os *calcinés*)	0,440	0,115	Cristal pur 0,025	
Sulfate de barite	0,020	0,000	0,100	
	1,000	1,000		



		Couverte		Observations
N° 5. — Terre réfractaire du n° 1.	0,835	Litharge	0,030	Les creusets ont subi cinq fusions.
Chaux	0,100	Sable blanc	0,025	
Soude	0,030	Silex calciné	0,012	
Potasse	0,035	Sous carbonate de potasse	0,015	
	1,000	Sous carbonate de soude	0,007	
			0,100	

	a	b	Couverte		Observations
N° 6. — Terre réfractaire du n° 2.	0,816	0,858	La couverte suivante est pour les creusets *a*. Les creusets *b* n'en ont pas reçue.		Les creusets *a* ont subi huit fusions.
Potasse	0,005	0,002	Terre n° 2	0,045	Les creusets *b* n'en ont essuyé que trois.
Sable réfractaire passé très-fin	0,100	0,100	Potasse	0,020	
Craie	0,082	0,040	Soude	0,035	
	1,000	1,000		0,100	

Toutes les pâtes ont été broyées avec soin et à plusieurs reprises, afin d'obtenir un mélange intime des parties composantes. Les couvertes ont été frittées, puis broyées sur la pierre. — Les mélanges étaient mouillés avec une quantité d'eau convenable, afin que la pâte des creusets fût facilement maniable et de la consistance de celle du pain, et afin que les couvertes fussent assez liquides pour s'étendre au pinceau. La couverte du n° 6 a été mouillée d'huile de lin.

379. — On fait encore des creusets en grès mélangé avec une petite quantité de terre argileuse. Mais ces creusets n'acquièrent de solidité qu'autant qu'on leur donne une certaine épaisseur et qu'on a soin de ne pas les faire de dimensions trop grandes. Aussi servent-ils principalement à la fonte des métaux précieux dont on ne liquéfie à la fois que de très-petites quantités. Les creusets en *terre de Picardie* et les creusets en graphite peuvent au contraire servir à mettre en fusion jusqu'à 45 à 50 kilog. de métal; on fabrique même de ces derniers qui contiennent 75 kilog. (1).

380. — *Travail des fours à creusets et mise en fusion.* — Les procédés de fusions dans les creusets varient suivant la disposition des fours et suivant la nature des creusets. — Nous nous contenterons de décrire la manière de fondre dans des fours à vent et avec des creusets de Picardie.

Avant de commencer à souffler et lorsque le feu est allumé dans le fourneau,

(1) Nous pourrions aussi parler des creusets en fer forgé et en fonte de fer, mais ces creusets dont les dimensions sont toujours très-faibles, sont de préférence mis en usage pour la fonte de l'or et de l'argent et n'entrant pas dans la spécialité que nous traitons.

on examine d'abord si les creusets dont on doit se servir sont en bon état. Il est bien entendu qu'on rejette immédiatement ceux dont les défauts sont apparents et ceux qui rendent un son fêlé, lorsqu'en les soutenant en équilibre sur deux doigts de la main gauche, on les frappe avec l'articulation du médium de la main droite. Il ne faut souvent qu'une petite pierre mêlée à l'argile pour que le creuset se trouve mauvais.

Après cet examen, on pose le creuset renversé sur deux ringards placés en travers, ou sur des happes ouvertes en croix qui le soutiennent au-dessus du fourneau. — Lorsqu'il est assez échauffé pour qu'on n'ait pas à craindre de le voir s'éclater par le contact de la flamme, on commence à souffler doucement d'abord, puis plus fort jusqu'au moment où on le reconnait assez chaud pour supporter la température du fourneau. Alors seulement, on le descend dans le four, en ayant soin de le tenir toujours renversé; puis on ferme ce dernier et on continue à souffler afin de chauffer le creuset au rouge blanc. Dans cet état, on l'enlève du four, on le retourne et on le descend de nouveau pour le chauffer encore, avant de l'entourer de combustible qu'on a soin de casser en fragments assez petits pour qu'ils garnissent bien la capacité du fourneau (1).

381. — Certains fondeurs procèdent à la mise en feu d'une autre manière. — Après avoir rempli le fond du fourneau de quelques charbons embrasés, ils descendent de suite leur creuset et l'entourent de combustible, de telle sorte qu'il s'en trouve presque couvert (2). Ils laissent alors le feu s'allumer lentement sans souffler, et lorsque toute la masse des charbons est incandescente, ils la laissent s'affaiser et ils enlèvent le creuset, lorsqu'il leur parait possible de le descendre dans le fourneau à une profondeur convenable, après l'avoir retourné.

Cette méthode qui est principalement usitée pour les fourneaux à air, n'est praticable qu'au moment des premières mises en feu, car une fois le fourneau échauffé, il faut si l'on veut remplacer un creuset cassé pendant le travail, se servir du procédé que nous avons expliqué dans le paragraphe précédent.

382. — Lorsque le creuset est mis en place et prêt à recevoir le métal, on y dépose celui-ci au moyen de pincettes et par charges de 3 à 10 kilog. suivant la

(1) Il est toujours essentiel de briser le combustible en fragments d'autant plus petits que le fourneau est plus resserré. — Des morceaux trop gros ne se tasseraient pas assez et laisseraient entr'eux, un passage à l'air froid dont le contact pourrait faire casser le creuset. Ces morceaux d'ailleurs, formeraient des caves et il faudrait pour les faire descendre employer trop fréquemment l'action du tisonnier.

(2) On choisit de préférence pour cette opération, des charbons de bois, mais il faut éviter d'employer ceux qui provenant de bois durs et feuilletés, sont susceptibles de s'éclater en brûlant, ce qui pourrait faire casser les creusets. Par une raison du même genre, il est bon de ne pas employer des charbons trop imprégnés d'humidité. La même observation subsiste pour les cokes.

grandeur des creusets. On a soin de le faire chauffer avant de le descendre, en le plaçant soit sur le rampant de la cheminée, soit sur le couvercle même du creuset. — Toutes les fois qu'on charge du combustible dans le fourneau, il est bon de recouvrir le creuset d'un couvercle en fonte, en terre cuite, ou même du fond d'un vieux creuset. Il faut avoir soin pendant l'opération, de travailler de tems en tems dans les angles du fourneau, au moyen d'un tisonnier, afin de dégager le passage du vent. On regarde aussi si le creuset ne se fendille pas sur les bords, inconvénient auquel on remédie en soudant les fentes avec des morceaux de vitres cassés. — Lorsque la cassure se montre vers le fond, ce qu'il est facile d'apprécier par la fumée qui traverse le combustible et par le métal qu'on voit filtrer dans la fosse, il est essentiel de retirer le creuset, pour voir si le mal est réparable, et au cas contraire, pour mettre de suite en feu, un nouveau creuset.

Quand le creuset n'est pas d'une hauteur assez grande, il pourrait trop plonger dans le fourneau d'où il serait difficile de l'enlever au moment de la coulée. — On peut alors placer sous son fond, une galette de terre grasse ou même un quartier de brique ordinaire (1) pour l'empêcher de descendre trop bas. — Cette précaution est même bonne à prendre pour les creusets plus grands, en ce sens qu'elle tend à en consolider le fond, parce que celui-ci finit par faire corps avec le *fromage*.

383. — Au moment où le fondeur voit le bain s'élever dans le creuset et le remplir, il cesse de mettre du combustible et il attend l'instant où celui-ci est descendu assez bas pour ne pas s'opposer à l'enlèvement du creuset qu'il retire au moyen des happes (fig. 27, pl. 7) dont les griffes recourbées viennent le saisir aux flancs. Si le creuset est de grandes dimensions, on passe un tisonnier dans un anneau qui est fixé vers le milieu des branches et deux ouvriers l'enlèvent pour le porter vers les moules que le fondeur coule en dirigeant le jet par le mouvement qu'il imprime à l'extrémité des happes. Il arrive encore que pendant le transport du fourneau aux moules et pendant la coulée, un aide soutient le fond du creuset, avec le plat d'une pelle en fer. Aussitôt que le métal est versé, on se hâte de reporter le creuset dans le fourneau, on l'entoure de nouveau charbon et on procède à la fusion suivante.

384. — Lorsqu'on se sert de fours à air et lorsqu'on emploie des creusets en graphite, les précautions pour la mise en fusion et pour la conduite du travail, sont moins difficiles à prendre. Quand un creuset en graphite a été bien chauffé,

(1) C'est ce support qui sert à maintenir et à élever les creusets, que les fondeurs en cuivre appellent *fromage*.

l'ouverture en bas et soutenu par les happes, on peut le retourner et le placer de suite dans le fourneau. On a moins à craindre les coups d'air, les charbons mouillés, l'atteinte du ringard pendant le travail, la chute des gros fragments de métal etc., etc., que pour les creusets de Picardie, mais il est bon de donner à la grille plus souvent, surtout si le fourneau est à air, afin d'activer la combustion et de presser la liquéfaction du métal qui serait plus lente, en raison de l'épaisseur de ces creusets.

385. — Le travail de la mise en fusion dans les creusets exige en général plus de soin que de savoir-faire. Cependant on ne peut nier que pour faire usage des creusets de terre, il faille une certaine habilité qu'on n'acquiert que par la pratique. C'est surtout, lorsque l'on veut, pour couler une pièce d'un certain poids, réunir la fonte de plusieurs creusets, qu'il devient nécessaire de gouverner tous ses fourneaux avec la surveillance la plus exacte. — Un ouvrier aidé d'un manœuvre qui lui fait les charges de combustible, peut conduire à la fois trois ou quatre fourneaux lorsqu'ils sont soufflés et cinq ou six lorsqu'ils ne sont alimentés que par un courant d'air (1).

386. — Le travail des fours à creusets exige peu d'outils. — Ils se composent de deux ou trois paires de happes (fig. 27 pl. 7) de différentes grandeurs et dont les griffes sont recourbées de manière à saisir divers calibres de creusets; d'une paire de pincettes (fig. 25); de quelques tisonniers dont la longueur et le diamètre varient; d'une pelle à main en tôle avec manche en bois, pour faire les charges de combustible; d'une autre pelle creuse aussi en tôle mais à long manche en fer, pour charger le métal lorsqu'il est en mitrailles; d'un *crémoir* ou *écrémoir*, espèce de petite poche percée de petits trous et à manche recourbé, (fig. 26); d'un *pelottonnier*, vase qui a la forme d'un mortier et dans lequel on comprime les objets minces provenant de la chaudronnerie, les toiles métalliques, etc., etc.; d'une *lingotière* en fonte où l'on coule les fontes provenant des limailles ou des déchets d'atelier, les restants de creusets, etc., etc. Ces derniers ustensiles sont entièrement du ressort de la fonderie en cuivre et nous n'en parlons ici que pour nous éviter de revenir sur l'outillage des fours à creusets.

387. — Le déchet de la fonte de fer dans les fours à creusets peut être très variable comme dans les autres fourneaux dont nous avons parlé. Il dépend surtout du tems pendant lequel le métal est tenu en bain. On peut diminuer ce

(1) C'est plutôt pour la fonte du cuivre qu'on emploie la réunion de plusieurs creusets, dans le but d'éviter une fusion au four à réverbère. Il est certain que pour la fonte de fer, on a toujours plus d'avantages à la mettre en fusion dans les cubilots, lorsque les objets à couler ne sont pas de la plus petite espèce.

déchet en tenant toujours sur le creuset une couche de fraisil ou de matières vitrifiables, qui tendent à empêcher l'oxidation produite par le contact de l'air. Il est important aussi de ne pas mettre la fonte liquide en communication avec les instruments en fer, car on tendrait alors, non-seulement à diminuer le produit, mais encore à l'affiner et à le rendre blanc et cassant. Le brassage qui est d'un excellent effet pour le cuivre allié, parce qu'il a pour but de lier d'une manière plus intime les parties composantes, serait toujours d'un mauvais résultat pour le fer fondu, puisqu'il est reconnu que c'est à la suite d'une opération semblable, que ce métal change d'état, après s'être chargé d'oxigène et prend la nature du fer ductile qu'on destine à la forge.

388. — La dépense en combustible pour liquéfier le fer cru dans les creusets, est, comme on doit le penser, bien supérieure à celle qui a lieu dans les diverses opérations que nous avons déjà décrites. Elle peut varier de 80 à 200 pour cent kilog. de fonte; mais il est rare qu'elle demeure au-dessous du premier chiffre (1). — On peut la maintenir dans les conditions les plus favorables, en conduisant les fours avec soin, c'est-à-dire, en dégageant souvent les angles pour que la combustion se fasse d'une manière profitable, en dosant les charges de telle sorte qu'elles ne soient pas trop fortes, pour qu'une partie brûle sans effet et pour que le creuset ne soit pas refroidi quand on les met. Il est toujours avantageux d'ailleurs, de faire les charges très-petites quand le creuset s'emplit et quand le métal est prêt à être coulé.

On a reconnu que dans deux fours de même forme et de même capacité, celui qui recevrait le vent d'une machine soufflante, devrait consommer moins de combustible que celui qui ne serait alimenté qu'à l'air libre. — Cette circonstance se déduit évidemment de la durée de la fusion, durée qui est moins prolongée dans le premier cas que dans le second.

389. — Pour donner une idée de la construction des fours à creusets, nous renvoyons aux fig. 22, 23 et 24 de la pl. 7 qui donnent, ce nous semble, des détails suffisants, tant est grande la simplicité de ces appareils.

Les fig. 22 et 23 représentent en coupe verticale et en coupe horizontale un fourneau activé par le vent d'une soufflerie quelconque.

(1) Il est évident que la dépense en combustible dépend surtout de la capacité des creusets et de la quantité de métal à mettre en fusion, une fois que les fours sont en feu. — M. Karsten estime qu'il faut pour mettre en bain 100 kilog. de fonte, 5, 2 à 6 m. c. 6 de charbon végétal ou 0, 7 à 1 m. c. de coke. Sans contredit, le chiffre de ces consommations est infiniment trop élevé, et il faut que M. Karsten n'ait voulu parler que de la fusion dans des creusets contenant 10 à 15 kilog. au plus, tandis qu'on emploie aujourd'hui, comme nous l'avons dit (379) des creusets qui peuvent liquéfier jusqu'à 50 et même 75 kilog de métal.

Le fond de ce fourneau est muni d'une grille recouverte d'une plaque de fonte échancrée aux quatre angles, de manière à livrer passage au vent. Il existe sous le foyer comme sous ceux des fours à air, une fosse destinée à recevoir les cendres, mais cette fosse est bien moins étendue et se bouche hermétiquement à son extrémité avec une plaque en fonte qui empêche l'entrée de l'air ambiant, pendant le travail de la fusion.

La fig. 24 donne la coupe verticale d'un fourneau destiné à recevoir seulement l'action d'un courant d'air. — La construction de ce fourneau diffère peu de la précédente; cependant la fosse qui sert à la fois, de cendrier et de canal alimentaire, doit être placée dans la situation la plus favorable au tirage. — Le dessus de ce four est incliné afin de faciliter le chauffage préalable qu'on veut faire subir aux morceaux de métal qu'on place sur le rampant de la cheminée. C'est là, d'après ce que nous avons pu remarquer, le seul avantage de cette disposition, qui a du reste, l'inconvénient grave de fatiguer l'ouvrier fondeur, en lui envoyant à la figure, quand il travaille dans le fourneau, une dose considérable de chaleur.

390. — *Avantages et inconvénients de la fusion du fer dans les creusets.* — La fusion du fer dans les creusets n'est admissible dans les grands établissements que pour la coulée des petits objets extrêmement délicats, ou pour servir à jetter en moule une pièce très-pressée, lorsque les cubilots ne fonctionnent pas et lorsqu'on n'a pas assez de moules préparés pour les faire marcher. Les usines qui possèdent des hauts fourneaux produisant de la fonte douce, peuvent se passer des fours à creusets, parce qu'il est facile de couler à la poche à main, les objets les plus petits; mais il est toujours bon que les fonderies de 2e fusion, aient à leur disposition un ou deux de ces appareils, qui d'ailleurs leur sont utiles pour la fonte des cuivres dont elles ont besoin.

En employant les fours à creusets pour la refonte du fer cru, il y a tout à la fois perte de tems, dépense outrée de combustible, déchet plus fort, et frais de main d'œuvre qui croissent d'autant plus que les produits sont d'une moins grande importance. Toutes ces raisons essentielles éloignent l'utilité de ces appareils qui ne sont réellement indispensables que pour les fondeurs qui se livrent à des fabrications spéciales où le travail surpasse la matière, telles que la fonte des boutons, des agraffes, des médailles, des clous, des petites statuettes, etc., etc., objets qui se vendent à des prix élevés, eu égard surtout, à la valeur de la matière première.

DE LA FONDERIE DE CUIVRE.

391. — L'usage du cuivre fondu et allié à d'autres métaux date de la plus haute antiquité. Bien long-tems avant qu'on ne connût l'art de fondre le fer et de le convertir en moulage, les anciens se servaient de procédés qui leur permettaient de couler des bronzes et d'employer à la fabrication des armes, un mélange de cuivre et d'étain dont la composition à peu près semblable à celle que nous formons aujourd'hui pour le bronze des canons, était nommée (c'est du moins l'opinion d'un grand nombre de savants) χαλκοσ par les Grecs et *æs* par les Romains (1).

Mais si nous n'avons pas l'intention de retracer l'histoire complète de la fonderie, nous n'avons pas celle non plus de parler de toutes les applications du cuivre et de ses composés à l'industrie. Notre but est de nous occuper entièrement de la mise en fusion du cuivre, de l'étain, du zinc et du plomb soit séparément, soit en alliages faits à diverses proportions, en ce qui concerne la fabrication des objets moulés qui s'exécutent journellement dans les fonderies. Nous n'aborderons donc pas les branches qui ressortent d'industries spéciales où ces métaux sont soumis à des procédés autres que ceux du moulage tel que le pratiquent ordinairement les ouvriers fondeurs.

Nous allons successivement donner quelques détails très-courts sur les quatre métaux que nous venons de nommer, puis nous nous occuperons de leurs alliages (2).

DU CUIVRE.

392. — *Exploitation des mines de cuivre.* — Les mines de cuivre sont très-répandues à la surface du globe, quoiqu'en moins grand nombre que celles de fer,

(1) C'est ce composé auquel les auteurs donnent souvent le nom d'*airain*, bien que ce nom convienne mieux à un alliage formé de cuivre et de zinc, que les anciens connaissaient aussi et qui équivalait à notre *laiton* d'aujourd'hui. Au reste, un grand nombre de mélanges à divers titres de cuivre et d'étain étaient connus des peuples de l'origine la plus reculée, si l'on s'en rapporte aux livres de Moïse.

(2) Nous croyons devoir engager nos lecteurs, à consulter pour tous les détails de fabrication première, les excellents mémoires de M. Berthier, insérés en 1818, dans les annales des mines; et les voyages métallurgiques, en Angleterre, de MM. Dufresnoy, Elie de Beaumont, Coste et Perdonnet.

Les plus grandes exploitations en Europe, sont celles de Sibérie et celles de Suède. — On en rencontre encore, mais de beaucoup moins d'importance, en Angleterre, en Allemagne et en France.

Bien que les mines de cuivre ne soient pas rares, il en est beaucoup qu'on n'exploite pas, parce que les procédés pour obtenir le métal, offrent trop de complication et trop de difficultés en égard au produit qu'on en retire.

On rencontre peu fréquemment le cuivre à l'état natif. On exploite en Sibérié quelques mines de cuivre naturel, cristallisé en cubes; mais les plus grandes exploitations pour le commerce, sont celles des pyrites cuivreuses (1).

393. — Nous nous contenterons de dire rapidement quelques mots sur les procédés employés pour le traitement des pyrites.

Pour obtenir le cuivre *neuf*, on grille d'abord le sulfure de cuivre, et cette opération qui dure quelquefois très-long-tems, a pour but de donner un mélange d'oxides de cuivre et de fer avec du sulfure non décomposé.

On chauffe fortement ce mélange avec du charbon qui s'empare de l'oxigène, de telle sorte que le produit obtenu auquel on donne le nom de matte, demeure composé de cuivre, de fer et de soufre. On grille la matte jusqu'à 10 et 12 fois pour la débarrasser du soufre. Les oxides résultant du grillage, sont fondus au charbon et avec une addition de silice ou de quartz, substances destinées à faciliter la fusion de l'oxide de fer et à empêcher sa désoxidation. Le résultat de ce dernier travail est de donner : 1° du cuivre noir qui renferme environ 0,9 de cuivre, un peu de soufre et un peu de fer; 2° des scories composées de silice et de fer; 3° une nouvelle matte que l'on soumet encore au grillege. Le cuivre noir est affiné à la manière du fer, au moyen d'un vent continu projeté constamment sur le bain, dans un fourneau dont la sole est recouverte d'une brasque de charbon et de terre argileuse. Le but de cet affinage est de débarrasser le cuivre du fer et du soufre qui sont brûlés en se combinant avec l'oxigène de l'air. On obtient donc du cuivre rouge pur qu'on coule dans des lingotières échauffées d'avance, qu'on arrose ensuite avec un peu d'eau et qu'on retire sous la forme de lingots auxquels on donne le nom de rosettes, lorsqu'ils ont une forme circulaire.

Si le minerai ne contient pas beaucoup de soufre, on le soumet au lavage après l'avoir grillé, afin de dissoudre les sulfates de cuivre et de fer formés pendant le grillage; puis on fait précipiter le cuivre, en mettant cette dissolution

(1) On exploite cependant des oxides natifs de cuivre dans le comté de Cornouailles et dans l'Amérique méridionale. On rencontre aussi le carbonate de cuivre comme production naturelle, dans les deux variétés appelées *vert de montagne* et *malachite*. Les oxides et les carbonates de cuivre se traitent ordinairement par le charbon.

sur de la vieille ferraille. C'est ce métal qu'on désigne sous le nom de cuivre de cémentation.

394. — Quand il s'agit du cuivre pour le laminage ou le martelage, on le fond ordinairement dans des fourneaux à reverbère pouvant contenir 2.000 à 2.500 kilog. Le cuivre combiné avec son oxide dans la masse fondue, y est affiné au moyen de charbon de bois projeté sur le bain. Certains cuivres s'affinent assez difficilement et obligent à l'addition de métaux plus oxidables qui se scorifient. C'est dans ce but que M. Lebrun (1) introduisit vers 1820 aux fonderies de Romilly, l'emploi du plomb pour des cuivres de Russie, alors assez difficiles à traiter. C'est aussi pour le même motif que l'on employa la tournure de fonte à l'affinage des cuivres anglais que la nature de leurs minerais et leur mode de traitement à la houille rendent souvent rebelles.

Le cuivre, après son affinage, est coulé dans des lingotières découvertes en fonte, fixées sur un fond en cuivre qui reste à demeure sur les chantiers. Ces moules sont chauffés à une température de 80 à 100°c. Une chaleur plus élevée nuirait à l'homogénéité de la matière; une chaleur moindre occasionnerait des gouttes froides et des pailles.

Le déchet dans les fourneaux à reverbère est de 2 1/2 à 3 pour cent. A l'affinage au soufflet avec le charbon de bois, ce déchet n'est que de 1/4 à 1/2 pour cent, mais ce mode est peu expéditif, et toutes les localités ne se prêtent pas à l'emploi du combustible végétal.

395. — *Usage et propriétés du cuivre neuf.* — On n'emploie jamais, (et cela est facile à comprendre d'après les procédés que nécessite sa production) le cuivre rouge (2), lorsqu'on l'obtient premièrement, pour couler des objets de moulage. Les fondeurs achètent des lingots qu'ils refondent purs ou avec d'autres métaux, suivant les besoins de leurs industries.

L'usage du cuivre rouge sans alliage est peu commun dans la fonderie. — La facilité que présente ce métal de pouvoir être travaillé au marteau en le chauffant un peu au-dessous de la chaleur blanche, permet d'éviter le moulage d'un grand nombre d'objets qu'il est d'ailleurs plus convenable de forger, parce qu'on les obtient moins poreux et par suite d'une plus grande ténacité.

---

(1) La fabrication du cuivre rouge et du laiton malléables, doit à M. Lebrun, aujourd'hui chef des travaux à l'école royale d'arts et métiers d'Angers, d'importantes innovations qui, résultant à la fois de l'habileté du chimiste et des connaissances du praticien, ont singulièrement simplifié les anciens procédés, tout en améliorant les produits.

(2) Nous appelons indifféremment le cuivre provenant d'une première fusion, *cuivre rouge* ou *cuivre neuf* pour le distinguer de tous ses alliages auxquels on donne souvent le nom générique de *cuivre*, surtout lorsqu'il s'agit d'un composé de cuivre et de zinc.

396. — Le cuivre rouge est fondu à une température de 27° wedg^{d}., mais il n'atteint pas une aussi grande liquidité que la fonte de fer. — Quelle que soit la qualité du cuivre employé dans les fonderies, (on choisit de préférence les cuivres de Suède et de Sibérie), on ne l'obtient jamais assez pur, pour qu'à la seconde fusion, il ne soit pas encore couvert, lorsqu'il est en bain, d'un laitier visqueux, boursouflé et noirâtre qui tend à le maintenir dans un état pâteux. — Aussi ce métal qui peut devenir extrêmement liquide lorsqu'il est mélangé avec une certaine proportion d'étain ou de zinc, est-il ordinairement peu coulant, remplissant mal les moules, et d'un tassement facile, lorsqu'il est refondu seul. Ou, pour éviter ces inconvénients, il devient nécessaire de le chauffer au-dessus du point de fusion et de décrasser fréquemment la surface du bain, ce qui augmente le déchet.

397. — La pesanteur spécifique du cuivre neuf est variable suivant le plus ou moins de pureté de ce métal.

Elle est évidemment plus grande pour le cuivre forgé que pour le cuivre refondu. Quelques chimistes ont établi que la densité du cuivre ne dépassait pas 8. 75; d'autres ont porté ce chiffre jusqu'à 9. 2; mais il est généralement reconnu que le poids spécifique du bon cuivre neuf traité avec soin et obtenu aussi pur que possible, se maintient à 8,895. C'est ce chiffre que nous avons toujours employé pour déterminer le poids des pièces à couler, d'après le cube des modèles.

398. — Le cuivre s'allonge de [illegible] de sa longueur pour un degré de chaleur (F^{rt}), c'est-à-dire plus de 1/3 de moins que la fonte de fer; mais son retrait est un peu plus grand que celui de celle-ci, puisqu'il s'élève jusqu'à 0,015 mill. par mètre.

Quoique la force de cohésion du cuivre soit beaucoup plus forte que celle du fer coulé, (1) on doit craindre de voir se casser les pièces en cuivre, dans les moules, au moment du retrait, tant parce que ce retrait est plus grand que parce que le refroidissement est bien plus prompt que celui de la fonte. Par cette raison, il est nécessaire d'apporter au moulage du cuivre, des précautions particulières dont nous parlerons dans notre deuxième partie. Au reste, la forme des pièces influe beaucoup sur les effets du refroidissement, quels que soient les métaux coulés, et il est toujours bon d'y avoir égard, lorsqu'il s'agit de procéder au moulage et de disposer les canaux ou *jets* qui servent à emplir les moules (21).

---

(1) Un fil de ce métal, ayant 2 mill. 1/2 de diamètre, peut supporter sans se rompre un poids d'environ 134,34 kilog. d'après Réaumur. Et suivant Thompson, ce poids s'élève jusqu'à 137 kilog., le fil n'ayant que 2 mill. de diamètre.

DE L'ÉTAIN.

399. — *Exploitation des mines d'étain.* — L'étain qui est un des métaux les plus anciennement connus, se rencontre en abondance dans certaines contrées, mais il n'est pas aussi universellement répandu que le fer et le cuivre. On ne le trouve que dans les montagnes primitives, et ses mines se présentent le plus souvent dans le granit, mais jamais dans les calcaires. On l'exploite principalement en Angleterre, à Malaca, en Allemagne, etc., etc.

L'étain du comté de Cornouailles en Angleterre, est un des meilleurs qu'on connaisse. Les mines de Cornouailles fournissent, dit-on, annuellement, au moins 3,500,000 kilog. dont plus de 1/3 est ordinairement exporté dans l'Inde (1).

Les mines d'étain se rencontrent à l'état de sulfure ou pyrite et principalement à l'état d'oxide ou pierre d'étain.

400. — Les mines d'oxide sont celles qu'on exploite le plus. On commence par les boccarder afin de les séparer de la gangue et des terres avec lesquelles elles se trouvent mêlées ; on les lave ensuite en faisant passer sur la mine qu'on a soin de préparer sur des lavoirs inclinés, un courant d'eau qui n'entraîne que la gangue, beaucoup plus légère que les fragments de minerai. Après cette opération préparatoire, on chauffe fortement ce dernier avec du charbon mouillé, de telle sorte que l'étain mis en fusion traverse le combustible, tombe sur le sol, et de-là s'écoule dans un bassin où il est distribué en lingots ou en baguettes très-minces; quelquefois lorsque l'étain tombe d'une certaine hauteur, on le recueille en gouttes qui se livrent au commerce sans autre préparation. Il est essentiel que le charbon dont on se sert pour la fusion, soit mouillé, sans quoi une portion de l'oxide serait entraînée par le vent de la machine soufflante.

401. — Si la mine contient des sulfures de fer et de cuivre, on la grille pour la transformer en sulfates de fer et de cuivre, et en oxides de fer, de cuivre et d'étain; on traite alors tous ces produits par l'eau qui ne dissout que les sulfates : puis les oxides étant lavés par le procédé ordinaire, ceux de fer et de cuivre qui sont plus légers que celui d'étain, sont entraînés de telle sorte, que ce dernier reste presque pur. S'il contient encore de l'oxide de fer, on peut séparer celui-ci au moyen du barreau aimanté. L'oxide d'étain ainsi obtenu, est traité par le charbon comme nous venons de le dire.

(1) L'étain de Cornouailles, suivant les meilleures analyses, contient 0,91 d'oxide d'étain et 0,09 d'oxide de fer.

402. — *Usage et propriétés de l'étain.* — L'étain que les fondeurs emploient pour les alliages avec le cuivre doit être choisi aussi pur que possible. On achète ordinairement de l'étain fin en gouttelettes ou de l'étain *Banca*. La bonne qualité de ce métal se reconnaît d'ailleurs à la difficulté qu'on éprouve à le casser et au craquement particulier qu'il fait entendre quand on le plie, craquement qu'on désigne sous le nom de *cri* de l'étain.

403. — On coule peu de moules avec de l'étain fondu seul; nous ne parlons pas des objets qui sont du ressort du potier d'étain, et qui forment une spécialité tout à fait en dehors de la fonderie. L'étain de vaisselle à l'usage des potiers, ne s'emploie jamais pur; il est ordinairement allié avec environ 1/20 de cuivre, ou d'un autre métal tel que le zinc, le plomb ou l'antimoine.

Si l'on se sert d'étain chez les fondeurs, de manière autre que pour l'allier au cuivre, c'est en le mélangeant avec du zinc ou du plomb pour couler des modèles, des boîtes à noyaux ou des petits ornements qu'on ne peut pas fabriquer en zinc pur, parce qu'on les obtiendrait cassés. Dans les hauts fourneaux de Franche-Comté, on se sert pour préparer les maîtres-modèles d'objets de vaisselle, d'un alliage formé de 0,66 de plomb et de 0.34 d'étain qu'on coule d'abord en plaques et qu'on lamine ensuite à l'épaisseur convenable.

404. — Employé seul ou allié avec d'autres métaux, l'étain est de la plus haute utilité dans l'industrie et dans les arts. — On s'en sert, outre la confection des poteries, pour la fabrication du fer blanc, pour le tain des glaces, pour l'étamage du fer et du cuivre; pour la soudure des chaudronniers et des ferblantiers; pour la préparation des émaux, etc., etc., mais il n'entre pas dans le plan de notre ouvrage, de parler de tous ces procédés qui ne se rattachent pas à la fonderie.

405. — L'étain entre en fusion à 210^{or}, et à l'aide d'une température un peu plus élevée, il atteint aussitôt une grande liquidité qui lui permettrait de saisir les empreintes les plus délicates des moules, avec plus de perfection que les autres métaux, si son refroidissement n'avait pas lieu avec une grande promptitude. Ce résultat qui est dû évidemment à la faible température que demande ce métal pour entrer en fusion, serait cause aussi que des objets qu'on voudrait couler en étain pur, subiraient un tassement considérable, si l'on n'avait soin de pratiquer des masselottes et des jets presqu'aussi forts que les pièces elles-mêmes.

406. — La pesanteur spécifique de l'étain est de 7,291. Au plus ou moins de pesanteur de ce métal, il est facile de juger s'il est plus ou moins pur, sa pureté se trouvant être parfaitement en rapport avec sa légèreté.

La dilatation de l'étain est de $\frac{1}{32611}$ de sa longueur, par un degré de chaleur (F^{rt}). — Son retrait est presque nul. — Il est très-malléable et il peut être réduit en feuilles extrêmement minces; mais il a moins de ductilité et de ténacité que le fer et le cuivre. Un fil d'étain d'environ 0,002 mill. de diamètre, peut

supporter sans se rompre un poids de 24 kilog., c'est-à-dire environ 5 fois 1/2 moins que le cuivre et 8 fois moins que le fer de qualité ordinaire.

DU ZINC.

407. — *Exploitation des mines de zinc.* — L'origine du zinc, bien que fort ancienne, est plus contestable que celle des autres métaux dont nous avons déjà parlé. Les auteurs des nombreux traités de chimie et de métallurgie qui nous sont parvenus, sont d'accord pour reconnaître que le zinc était en usage au commencement des siècles, mais ils conviennent que ce métal n'était pas connu sous ce nom par les anciens qui l'extrayaient d'un minéral appelé *cadmie*, du nom de Cadmus qui le premier, dit-on, en enseigna l'usage chez les Grecs. C'est seulement vers la fin du quinzième siècle, qu'on commença à désigner pour la première fois, ce métal sous le nom de zinc.

408. — Le zinc ne se rencontre pas à l'état de pureté. Il existe mélangé à l'état de *calamine* qui n'est autre chose que l'oxide de zinc uni à la silice, à de l'oxide de fer, à de l'alumine et à du sous-carbonate de chaux; à l'état de *blende* (sulfure de zinc et de fer); à l'état de zinc oxidé férifère; à l'état de carbonate et de sulfate.

Les minerais qui sont exploités de préférence, sont la blende et la calamine. — L'Angleterre, l'Allemagne et la Belgique sont en possession des principales exploitations qui existent en Europe; la première surtout, exporte tous les ans, une grande quantité de zinc.

409. — Nous nous bornerons à indiquer en quelques mots, les procédés de préparation du zinc provenant de la calamine, ces procédés étant d'ailleurs ceux qui sont mis le plus généralement en pratique pour la fabrication du zinc du commerce.

Pour extraire le zinc de la calamine, on introduit dans des tuyaux de terre réfractaire fermés à une de leurs extrémités, un mélange de charbon et de calamine calcinée et pulvérisée; ces tuyaux sont légèrement inclinés dans le fourneau qu'ils traversent, de manière que leur extrémité qui est ouverte est plus élevée que l'autre, et est mise en communication avec d'autres tuyaux semblables qui sont placés en dehors avec une même inclinaison, mais dans le sens opposé. On chauffe fortement afin d'amener la décomposition de la calamine, à la suite de laquelle, le zinc provenant de cette décomposition se sublime et se condense dans les tuyaux extérieurs, d'où on le fait tomber dans un bassin de réception. On le fait fondre ensuite et on le coule en plaques.

On parvient au même but, en employant au lieu des tuyaux, des vases fermés et communiquant avec un tube de fer à travers lequel, le zinc se réduit, se sublime et vient tomber dans un récipient qui contient de l'eau.

410. — *Usage et propriétés du zinc.* — Le zinc est souvent employé seul par les fondeurs ; on s'en sert pour couler des modèles, quelques pièces particulières de machines, mais surtout des ornements, des chandeliers, des appliques, etc., etc., enfin toutes ces imitations de bronzes, qui, lorsqu'elles sont revêtues d'une couche de dorure ou de peinture verte, se vendent à bas prix et font une concurrence redoutable aux objets en bronze ciselé, qui coûtent souvent beaucoup trop cher, pour être à la portée de toutes les bourses.

411. — Lorsqu'on veut couler des objets d'une certaine étendue, ou de formes dont la disposition est telle qu'ils pourraient facilement casser au retrait, on fait bien de mêler au zinc environ 1/15 à 1/20 d'étain qui le rend moins cassant, sans augmenter beaucoup sa valeur. — Le mélange du zinc et du plomb, se fait difficilement à cause de la densité de ce dernier. Pour allier un peu convenablement ces deux métaux, on est obligé de les chauffer à une température plus élevée que celle qui est nécessaire à leur fusion, de laisser fondre un peu de suif sur le bain et de les brasser avec soin au moment de les verser dans les moules. Et souvent, malgré ces précautions, il arrive qu'il se fait dans le moule coulé, un départ qui précipite le plomb vers le fond, tandis que le zinc remonte à la surface.

412. — En dehors de l'art du fondeur, les applications du zinc à l'industrie, sans être aussi variées que celles de l'étain et du cuivre, sont cependant nombreuses. On s'en sert pour former des batteries galvaniques, pour la couverture des édifices, pour la fabrication des gouttières, des baignoires et d'un grand nombre d'ustensiles qu'on faisait dans le principe en fer blanc, pour le doublage des navires, etc., etc., (1).

413. — Le zinc devient fusible à 322°°; si l'on augmente la température, il se volatilise promptement et il subit un déchet d'autant plus considérable, que la température est plus forte. Quelques métallurgistes mettent le point de fusion jusqu'à 370°°, mais nous sommes certains que ce degré de chaleur est plus élevé qu'il ne convient et qu'après 350°° la volatilisation commence.

414. — La pesanteur spécifique du zinc est de 7.10. — La nature de ce métal est telle qu'il semble tenir le milieu entre les métaux cassants et les métaux malléables. Il casse très-facilement lorsqu'il est coulé dans les moules, mais il acquiert un peu de ductilité et de malléabilité, lorsqu'il est chauffé à une température de 80 à 140°°. Bien qu'il soit moins ductile et moins malléable que le cuivre, le plomb et l'étain, on peut cependant le réduire en feuilles très-

(1) On fait encore un grand usage des composés du zinc dans la médecine et dans les arts chimiques. Il en est de même d'ailleurs des autres métaux, employés dans les fonderies.

minces à l'aide du laminoir. Un fil de ce métal ayant 0,002 mill. de diamètre, cède à la pression d'un poids de 13 kilog. environ.

415. — Le zinc se dilate d'environ $\frac{1}{33333}$ de sa longueur, pour un degré (F^{n}). — A cause de la fragilité de ce métal, on ne saurait trop prendre de précautions pour s'opposer aux effets de son retrait, qui est d'ailleurs de 0,012 à 0,015 par mètre. On fait bien en conséquence, de préparer des jets de retrait, de disposer les jets des moules, de telle sorte, qu'ils puissent facilement suivre le mouvement des pièces coulées, quand le retrait s'opère, etc., etc., opérations sur lesquelles nous aurons à revenir quand nous parlerons du moulage.

DU PLOMB.

416. — Le plomb, aussi bien que les métaux qui précèdent, peut partager le droit de remonter à la plus haute antiquité. Il était en usage, dit-on, du tems de Moïse.

La *galène* ou sulfure de plomb, de laquelle on extrait ce métal, se rencontre fréquemment dans la nature.

Les principaux procédés d'exploitation se bornent à griller le sulfure à plusieurs reprises afin de le transformer en oxide, puis à le chauffer avec du charbon qui s'empare de l'oxigène et dont la chaleur met en fusion le métal qui vient s'écouler dans des réservoirs préparés pour le recevoir.

417. — Les usages du plomb en fonderie, sont peu nombreux aujourd'hui; ils s'étendent à la fabrication de quelques contre-poids de machines et de quelques objets particuliers. — On s'en sert encore pour l'ajustement des poids à peser, des lentilles de balanciers, des jonctions de tuyaux ou de pièces de machines. Et dans ce dernier cas, on emploie fréquemment le plomb laminé.

418. — Avant qu'on eût les moyens de couler de grandes pièces de statuaire et d'ornements en fonte de fer, on s'est servi plusieurs fois du plomb pour remplacer le bronze dont l'emploi serait devenu trop coûteux. Ainsi ont été faites, presque toutes ces figures qu'on retrouve dans les bassins des jardins de Versailles. Outre la différence qui existe entre les prix respectifs des deux métaux, il est des groupes qu'on aurait difficilement, à l'époque, exécutés en bronze, à cause de leurs grandes proportions, on il aurait alors falin monter des ateliers spéciaux sur une échelle extraordinaire. On s'est donc borné à l'usage du plomb, qui du reste, atteint bien les parties délicates des objets, qui se soude facilement au moyen d'un mélange d'étain et qui se répare à bien moins de frais que le bronze. A la vérité, le plomb est loin d'avoir le caractère monumental et la durée du bronze, et l'on est souvent étonné, que *Louis XIV* qui semble avoir voulu laisser dans le château de Versailles une large idée de sa magnificence et

de sa grandeur, n'ait pas donné la préférence à ce dernier métal qui, toutes les fois qu'on ne tiendra pas à s'arrêter à des conditions d'argent, sera toujours le meilleur et le plus fidèle représentant des productions de l'art (1).

419. — Le plomb, par rapport au cuivre, à l'étain et au zinc ne peut être pour les fondeurs qu'un métal secondaire. Il est de peu d'importance pour les alliages, et comme nous l'avons dit, on l'emploie rarement seul pour la coulée des moules. — Nous aurions pu nous dispenser d'accorder un chapitre spécial aux quelques données que nous lui consacrons; mais nous avons pensé qu'il n'était pas de fonderies où l'on n'eût à employer le plomb, sinon fréquemment, du moins assez souvent pour qu'il ne fût pas inutile d'avoir quelques renseignements sur ses propriétés principales, lorsqu'il est employé à l'état métallique. Ce chapitre du reste, complètera le résumé essentiel que nous devions accorder aux métaux les plus connus et d'un usage si répété et si indispensable aujourd'hui dans l'industrie et dans les arts chimiques.

420. — Tout le monde sait d'ailleurs, quels avantages nombreux présente le plomb, lorsqu'il est employé à couvrir les maisons, à fabriquer des tuyaux de conduite, des réservoirs, des balles, du plomb de chasse, etc., etc. — En le prenant à l'état d'oxide, sous le nom de *litharge*, il est d'un grand usage dans la peinture; on prépare encore avec ce produit des huiles siccatives; on en forme aussi le blanc de plomb ou *céruse*, le minium, le jaune de Naples, etc., etc. (2)

421. — Le plomb entre en fusion à 260°; il se met en ébullition si l'on augmente la température, mais il ne se volatilise pas facilement. Son déchet devient considérable quand on agite fréquemment la surface du bain, qui toutes les fois qu'elle se renouvelle à l'air, se couvre d'une peau ridée qui n'est autre chose que de l'oxide jaune de plomb.

Si le plomb est le plus lourd, parmi les métaux dont nous avons parlé (sa pesanteur spécifique est 11,357), il est le moins dur, car suivant les expériences

(1) Nous nous rappelons qu'au commencement de cet ouvrage, nous avons posé la fonte de fer comme l'égale du bronze pour l'exécution des ouvrages d'art; mais nous avons dû supposer que le moulage fût parfaitement exécuté par les ouvriers les plus habiles et avec les soins les plus minutieux. Nous ne pensons pas être accusés de contradiction, en avançant ici qu'une statue en bronze exécutée sous la surveillance du sculpteur et dans les ateliers de MM. Soyer et Ingé, Richard et Quesnel, etc., etc., aura toujours aux yeux des artistes, un caractère grandiose qu'ils ne retrouveraient pas dans la fonte de fer.

(2) Toutes les préparations du plomb sont vénéneuses, et les ouvriers qui s'en occupent, ont peine, quelles que soient les précautions qu'ils prennent, à se préserver de leur influence nuisible. Il est même dangereux d'employer pour les usages hygiéniques, le plomb à l'état métallique. Les chimistes prétendent cependant, que dans l'étamage par exemple, l'étain mêlé au plomb s'oppose à la nature insalubre de celui-ci.

du chimiste Thompson, sa dureté peut être représentée par 5,50, celle de la fonte l'étant par 9; celle du cuivre par 7,5; celle du zinc par 6,50; celle de l'étain par 6.

422. — Le plomb s'allonge facilement sous le marteau et peut se réduire en feuilles très-minces, mais il est peu ductile, puisqu'un fil de 0,002 mil. de diamètre se rompt avec un faible poids de 9 kilog. Un fait remarquable, c'est que le plomb martelé ou laminé perd de sa pesanteur spécifique ; des expériences de Muschenbroeck ont établi qu'après avoir passé à la filière un échantillon de plomb non écroui, sa densité était au-dessous de 11,22.

La dilatation du plomb est de $\frac{1}{62868}$ par un degré de chaleur (F$^{\circ}$); son retrait est peu sensible, mais comme tous les métaux dont le point de fusion est peu élevé, son refroidissement est prompt et son tassement grand.

DES ALLIAGES.

423. — Le cuivre allié à diverses proportions, soit à l'étain, soit au zinc, forme des composés qui pour la plupart sont de la plus haute utilité. Pour éclairer les fondeurs sur les chiffres qu'il est le plus convenable d'adopter, nous allons indiquer successivement une série d'alliages que nous avons été à même de vérifier en grande partie, et dont nous avons pu par conséquent constater les résultats avec toute l'exactitude possible :

N° 1 — Métal des canons. — Cuivre 0,89; étain 0,11. Ce métal auquel on ajoute quelquefois 0,01 ou 0,02 de fer pour recouvrir la surface du bain et diminuer le déchet, est sonore, à cassure rougeâtre et se polit facilement.

N° 2 — Métal des cloches. — Cuivre 0,78; étain 0,22. Cet alliage, qui est d'une couleur blanche jaunâtre, est cassant et se lime difficilement.

N° 3 — Métal des tam-tam et des cymbales. — Cuivre 0,75; étain 0,25. — Il est plus sonore, plus blanc, plus cassant et se laisse moins attaquer par la lime que le précédent. On a encore essayé pour le même but, un composé de cuivre 0,805; étain 0,195.

N° 4 — Métal des miroirs de télescopes. — Cuivre 0,67, étain 0,33. Il est très-cassant et d'une couleur blanche; sa cassure est unie; la lime l'attaque peu facilement.

N° 5 — Bronze des médailles et des monnaies. — Cuivre 0,99; étain 0,01. — Il est d'une couleur presque rouge; il se laisse bien limer, et il est un peu malléable.

N° 6 — Bronze exigé par la marine pour la fabrication des pompes à incendie (modèle Pontifex). — Cuivre 0,88; étain 0,12. — Ce métal est d'une belle couleur jaune-orange; il se lime et se polit bien; il devient un peu malléable;

lorsqu'après avoir été chauffé au rouge, on l'a plongé dans l'eau (1). — Le même alliage est composé à Indret, pour former de bons coussinets et les pièces principales des machines de bateaux; on y ajoute seulement 0,02 de zinc et 0,005 de fer. Lorsque cet alliage n'est pas très-bien mélangé, il est d'une couleur pâle; sa cassure, à la coulée surtout, est peu grenue et offre une texture bicolore où l'étain domine souvent. — On fait encore à Indret, pour les pièces de peu de frottement et qu'on veût obtenir d'une couleur un peu plus rouge, un alliage de 0,89 de cuivre, 0,11 d'étain, 0,02 de zinc et 0,005 de fer. — A l'arsenal de Lorient et dans les autres établissements de la marine, on coule du bronze à des titres différents. Celui dit de première qualité se compose de cuivre 0,90; étain 0,10. Celui de deuxième qualité est formé de cuivre 0,88; étain 0,12, comme pour les pompes de Pontifex. — Un alliage de 0,50 cuivre et 0,50 étain est très-fragile, d'un blanc grisâtre; une grande partie de l'étain s'oxide pendant la fusion. — En général, l'oxidation de celui-ci ne devient peu sensible que lorsque le composé commence à se former de 2 atomes de cuivre sur un d'étain.

N° 7. — Bronze de la colonne Vendôme. — Cuivre 89,160; étain 10,240; plomb 0,102, zinc, fer, argent 0,498. Nous donnons la composition de ce métal, plutôt comme particularité à remarquer, que comme chose à consulter. Il est certain que si l'on avait eu, pour fondre la colonne Vendôme, des cuivres neufs, on aurait changé les proportions de l'alliage. En effet, le métal de la colonne de Juillet a été composé de cuivre 91,40; zinc 5,53; étain 1,90; plomb 1,37.

N° 8. — Bronze des frères Keller, célèbres fondeurs de statues du siècle de Louis XIV. — Cuivre 91,40; zinc 5,53; étain 1,70; plomb 1,37. Ce métal est d'une ciselure facile; il prend facilement cette belle couleur de vert antique qu'on peut remarquer sur les belles statues du parc de Versailles et du jardin des Tuileries.

N° 9. — Bronze pour la dorure. — Cuivre 0,82; zinc 0,18; étain 0,03; plomb 0,015. — Cet alliage est d'une bonne ténacité et d'une densité convenable; M. d'Arcet le recommande ainsi que le suivant, comme les plus propres au travail des doreurs et comme se prêtant le mieux au burin des ciseleurs et des tourneurs.

N° 10 — Autre bronze pour la dorure. — Cuivre 0,82; zinc 0,18; étain 0,01; plomb 0,03. — Cet alliage est plus dense que le précédent, mais il est moins tenace.

(1) C'est une propriété dont jouissent du reste, tous les bronzes, c'est-à-dire la plus grande partie des alliages de cuivre et d'étain. Nous devons dire ici que les composés de ces deux métaux, reçoivent des fondeurs, le nom générique de *bronzes*, à l'exception du métal de cloches et des alliages où l'étain entre en grande proportion. Il en est de même des composés de cuivre et de zinc, que pour la plupart on appelle *laitons* bien que ce nom ne convienne rigoureusement qu'à l'alliage n° 11.

D'après M. d'Arcet, les meilleurs bronzes pour la dorure doivent toujours avoir dans leur composition, la réunion des quatre métaux désignés (1).

N° 11. — Laiton ou cuivre jaune à la proportion adoptée par les usines qui le fabriquent en grand pour le laminage et pour l'étirage. — Cuivre 0,75 ; étain 0,25.

N° 12. — Laiton composé à l'usine royale d'Indret pour les pièces visibles des machines à vapeur. — Cuivre 65,80 ; zinc 31,80 ; plomb 2,80 ; étain 0,25. — Cet alliage offre au poli une couleur jaune-verdâtre qui plait à l'œil ; il est assez malléable..

N°ˢ 13 et 14. — Laitons des fonderies de la marine. — Première qualité : cuivre 0,76 ; zinc 0,24. — 2ᵉ qualité : cuivre 0,85 ; zinc 0,14 ; plomb 0,01. Ce dernier alliage est employé pour les pièces minces, les charnières, les rias de poulies, etc., etc.

N° 15. — Alliages dits similor, pinschbech ou métal du prince Robert. — Ces alliages varient beaucoup, mais les principaux qu'on emploie, sont : 1° cuivre 0,80 ; zinc 0,20. Ce composé est tendre, à cassure luisante et d'un beau jaune. — 2° Cuivre 0,84 ; zinc 0,16. L'alliage est d'un jaune plus beau que le précédent. — 3° Cuivre 0,86 ; zinc 0,14. Ce composé est d'un jaune brillant. — 4° Cuivre 0,88 ; zinc 0,12. Ce mélange est d'un grain plus fin que les précédents et d'une couleur d'or. — En introduisant dans tous ces alliages, une petite quantité de plomb, on arrive à leur donner lorsqu'ils sont polis un certain reflet qui les fait ressembler à l'or vert.

N° 16. — Tombac ou cuivre blanc. — Cuivre 0,97 ; zinc 0,02 ; arsenic 0,01 — Ce métal est d'autant plus cassant qu'on augmente la proportion d'arsenic ; il se lime et se polit bien ; on s'en sert pour fabriquer des instruments de physique, des boutons, etc., etc. D'abord blanc, lorsqu'il vient d'être poli, il se ternit promptement et il prend une couleur grise. — On fait encore du cuivre blanc qui peut servir pour les miroirs de télescopes, en joignant au cuivre et à l'arsenic, une petite proportion de platine.

N° 17. Chrysocale. — Ce métal qui est formé ordinairement de 92 parties de cuivre, 6 de zinc et 6 d'étain se lamine en feuilles très-minces à l'usage des fabricants de bijoux faux ; il prend bien la dorure.

424. — Ici peut se borner la série des alliages du cuivre avec l'étain et le zinc, dont la connaissance est, sinon indispensable, du moins utile au fondeur. Des remarques que nous avons faites sur chacun de ces alliages, il lui est facile de déduire des données qui pourraient le mettre sur la voie de proportions nou-

---

(1) Les fondeurs de statues, figurines, ornements, etc., appellent encore *bronzes*, les alliages quaternaires dont nous parlons, quoiqu'ils contiennent cependant une plus forte proportion de zinc que d'étain.

velles à établir (1). Nous n'avons entendu parler jusqu'à présent que de la présence du cuivre neuf dans les alliages, mais il est évident que tous les fondeurs n'ont pas ce métal à leur disposition et que d'ailleurs ils ont plus d'avantages à employer les mitrailles ou débris de cuivre qu'ils trouvent à se procurer à bon compte. De là, les variétés de titres, qu'ont tous les cuivres qui se fabriquent dans les fonderies, car faute d'une marche prompte et certaine pour analyser les vieux cuivres, les fondeurs se bornent à agir par tâtonnements, en ajoutant dans le bain, une dose plus ou moins grande d'étain ou de zinc suivant qu'ils ont pu juger si cette dose était plus ou moins nécessaire, par la qualité et par la couleur du métal qu'ils ont mis en fusion.

425. — Par l'habitude, il est du reste facile de voir si l'étain ou le zinc ont fait partie de l'alliage. — On peut reconnaître d'une manière certaine, la présence du zinc qui se volatilise bientôt et s'attache en fumée blanche aux bords du creuset, lorsqu'on fait fondre un petit fragment du métal à essayer, ou bien encore par le procédé suivant qui est plus simple et moins long à mettre à exécution. Ce procédé consiste à disposer un kilog. environ de limaille du métal à examiner, dans un vase contenant de l'acide nitrique qui le décompose aussitôt, retenant le zinc et laissant au fond du vase, le cuivre et l'étain, si ce dernier est entré dans l'alliage.

426. — Un alliage de cuivre et d'étain devient d'autant plus cassant, plus blanc et d'une texture plus mate, que l'étain est en plus grande proportion. Un composé de 0,50 de cuivre et de 0,50 d'étain offre une cassure qui ressemble à celle de la fonte blanche lamelleuse.

---

(1) Nous ajouterons encore ici quelques recherches qu'a faites M. Lebrun, sur des alliages de cuivre et de zinc, et qu'il a eu l'obligeance de nous communiquer.

Cuivre.	—	Zinc.	
—		—	
30	—	70	Alliage sec, cassure grise et lamelleuse à la manière du zinc.
35	—	65	sec et plus fragile que le verre, cassure conchoïde et brillante comme l'argent.
40	—	60	mêmes sécheresse, fragilité et éclat avec légère nuance jaune.
45	—	55	cassant, d'une couleur gris-rougeâtre ou violâtre à la cassure.
50	—	50	peu tenace, s'arrachant par filaments d'un beau jaune d'or; très dur à la lime qui fait disparaître cette belle couleur.
55	—	45	plus tenace et plus dur que le précédent; les stries de la cassure deviennent un peu plates avec lamelles, les unes jaunes et les autres rougeâtres.
60	—	40	résistant, il a fallu commencer à l'ouvrir avec la tranche pour le rompre, les lamelles de la cassure sont plates et d'un gris jaune.

Nous sommes heureux que ces résultats dont l'exactitude n'est pas douteuse, aient pu venir compléter le résumé des alliages que nous venons de signaler, d'une manière qui ne peut être que profitable à toutes les personnes qui s'occupent de la fonderie.

Les alliages de cuivre et de zinc présentent une cassure d'autant plus blanche et plus granuleuse, que le zinc y domine. Un alliage de 0,50 de cuivre et 0,50 de zinc s'obtient difficilement, parce qu'une grande partie de celui-ci se volatilise. A plus forte raison, on devrait peu compter sur les proportions d'un mélange où le zinc entrerait comme composant essentiel (1).

427. — Les vieux cuivres que les fondeurs sont à même de se procurer le plus aisément, sont ceux que les chaudronniers et les marchands ambulants appellent *mitraille pendante*. Ces cuivres sont composés ordinairement avec une pro-

---

(1) Lorsqu'on connaît les composants d'un alliage binaire, le calcul peut donner la quantité de chacun d'eux, à l'aide du procédé suivant : prendre deux à deux, les trois différences entre la pesanteur spécifique de l'alliage, et celles de chacune des deux substances combinées, puis multiplier chaque pesanteur spécifique par la différence des deux autres et établir ces deux proportions :

Le plus grand produit : au poids total du composé : : chacun des deux autres produits : aux poids des deux substances composantes.

Pour éclaircir ceci par un exemple, cherchons quelle est la quantité de chacun des deux composants, qui entre dans 130 kilog. d'un alliage de cuivre et d'étain dont la densité est reconnue de 8,761, et lorsqu'on sait que la pesanteur spécifique du cuivre est de 8,788 et celle de l'étain de 7,291.

Prenons successivement les trois différences entre les pesanteurs spécifiques et multiplions chacune de ces différences par la densité qui n'a point fait partie de la soustraction.	8,788 — 7,291 = 1,497 × 8,761 = 13,115217. 8,761 — 7,291 = 1,470 × 8 788 = 12,918300. 8,788 — 8,761 = 0,027 × 7,291 = 0,196857.
Établissons les proportions que nous avons indiquées.	13,115217 : 130 : : 12,918360 : x = 128,048. 13,115217 : 130 : : 0,196857 : x = 1,951.

Le composé est donc formé de 128,048 de cuivre et de 1,960 d'étain à 0,001 près. — On pourrait, en opérant d'une manière semblable, trouver les proportions d'un alliage ternaire, quaternaire, etc., etc.

Après avoir indiqué ce calcul qui ne peut qu'être utile à ceux qui s'occupent de la fonderie, nous ne pouvons nous dispenser de donner les moyens de trouver la pesanteur spécifique d'un corps.

Si l'on représente par l'unité, la pesanteur spécifique de l'eau, et si l'on pèse le corps d'abord dans l'air, puis en le tenant plongé dans l'eau, on arrive à trouver la densité, au moyen de cette proportion — la différence du poids dans l'eau : au poids dans l'air : : 1 ou la densité de l'eau : x celle cherchée.

Mais il peut arriver que le corps soit plus léger que l'eau; on l'attache alors à un autre corps plus lourd, au moyen duquel on peut opérer le pesage dans l'eau; on retranche le poids des deux corps dans l'eau de leur poids dans l'air; puis le poids dans l'eau du corps ajouté, de son poids dans l'air; puis enfin, ce dernier reste du premier, ce qui donne un nouveau reste qui est au poids dans l'air du corps plus léger que l'eau, comme 1 ou la pesanteur spécifique de l'eau est à x celle cherchée.

Au moyen de ces procédés qui ne manquent pas d'une certaine exactitude, les fondeurs peuvent arriver à connaître les composants d'un alliage, sans qu'ils aient recours à la voie des analyses qui d'ailleurs ne leur est pas toujours familière.

portion qni varie de 12 à 25 pour 0/0 de zinc; ce sont des vieux flambeaux, des chaudrons, des boutons, etc., etc. (1)

Parmi les mitrailles, il faut avoir soin de faire le triage du *potin*, métal qui a été refondu plusieurs fois et qui est devenu tellement dur et cassant qu'on ne pourrait l'employer seul que pour faire de mauvais coussinets ou des pièces d'un grand frottement. On trouve le plus souvent ce métal sous la forme de robinets, de clochettes, de grelots, etc., etc., et bien que dans le principe, il y soit entré un peu d'étain, on le regarde comme de moindre valeur que la mitraille pendante. — Les fondeurs trouvent encore moyen de s'en débarrasser, en l'ajoutant par petites quantités, à leurs fontes ordinaires de bronze ou de laiton.

428. — *Mise en fusion des métaux résultant de l'alliage du cuivre avec l'étain et le zinc.* — Lorsqu'on fait les alliages avec des métaux neufs, on se sert habituellement des fours à réverbère, à moins toutefois qu'on n'opère que sur de petites quantités et alors on emploie les creusets.

Les fours à réverbère mis en usage, ont des formes peu différentes de celles que nous avons indiquées pour la fusion du fer crû; cependant, on emploie de préférence ceux dont le creuset se trouve placé près de l'autel. — Les formes des fig. 17 et 18, pl. 7 conviennent bien pour le cuivre; on peut y joindre celles des fig. 20 et 21 qui sont habituellement adoptées par les fondeurs de cloches.

429. — On dépose le métal sur la sole du four à réverbère et l'on procède pour le mettre en fusion de la même manière que pour la fonte de fer. On a soin seulement de faire les feux moins vifs et moins répétés, surtout lorsqu'on approche de la fin de l'opération. On peut remplacer par du bois coupé en quartiers, ou par des escarbilles, une partie des charges qu'on fait ordinairement en houille dans les fourneaux à refondre le fer.

430. — Quand le cuivre est en bain, et quand on a reconnu qu'il a atteint un degré de chaleur assez élevé pour qu'on puisse le couler, on ouvre la portière qui domine le creuset et on introduit avec promptitude, les morceaux d'étain ou de zinc qui doivent former l'alliage, en ayant soin de brasser toute la masse du bain au moyen d'une poche ou cuiller en fer. — C'est du soin qu'on apporte à cette opération, que dépend le mélange intime des deux métaux qui constituent le composé.

431. — Ce sont surtout, les alliages de cuivre et d'étain qui demandent à être soigneusement brassés. — L'étain tend toujours à remonter à la surface des pièces coulées lorsque le mélange n'a pas été fait intimement sous l'influence

(1) On donne ordinairement le nom d'*arcot* aux produits de la refonte des mitrailles pendantes. — Les chaudronniers qui font le commerce des vieux métaux, ont soin de faire enlever l'or et l'argent des objets dorés ou argentés, avant de les revendre aux fondeurs.

d'une température un peu élevée. On fait mieux d'ailleurs, de mettre préalablement l'étain fondu dans la poche qui doit servir à couler, et de verser dessus, le cuivre rouge qu'on a soin d'agiter avec un ringard au fur et à mesure qu'il se réunit à l'étain.

432.— Les alliages de cuivre et de zinc se mélangent plus facilement, mais il faut avoir soin de tenir le registre de la cheminée du four à réverbère fermé aux 2/3 au moins, pendant qu'on précipite le zinc, et éviter de faire un feu trop ardent jusqu'au moment de la coulée, car si l'on doit toujours avoir soin de chauffer un peu le bain quand l'alliage est fait, il est bon de faire en sorte que le déchet ne soit pas plus fort qu'il ne convient. Aussi, est-il avantageux, quand les deux métaux sont réunis et quand on va fermer la portière pour continuer pendant quelques instants le chauffage, de recouvrir la surface du bain d'une pellée de fraisil de charbon de bois ou de sable quartzeux (1).

---

(1) Le laiton malléable est fondu en France, dans un grand nombre d'usines qui le transforment en planches, en feuilles et en fils pour les innombrables besoins de l'industrie

Ce laiton se tirait sans exception de la calamine traitée aux fourneaux dits à l'allemande, et un préjugé admis par les plus habiles fondeurs en ce genre, faisait croire que le laiton malléable ne pouvait être obtenu par l'alliage direct du cuivre et du zinc à l'état métallique.

L'éloignement des mines de calamine rendait presqu'impraticable cette fabrication dans les usines françaises. C'est à la fin de 1816 que l'on commença à Romilly des essais d'alliage de toutes pièces, longtems peu satisfaisants. Le métal obtenu était assez tenace, mais dur et peu malléable. On obtint un meilleur résultat par l'affinage préparatoire du cuivre destiné au creuset, parce que jusqu'alors une partie du zinc était oxidée et s'enlevait dans les écumages. Mais c'est à l'addition de la faible quantité de 0,50 pour cent de plomb dans l'alliage que l'on dut un changement complet dans cette fabrication. Dès lors, le métal, sans perdre de sa ténacité devint plus doux au laminoir, plus ductile à la filière, et l'on obtint des fils aussi fins qu'avec les meilleurs laitons de Namur.

C'est encore à M. Lebrun que l'on est redevable de ces importantes améliorations. Il considère comme un très-bon alliage pour le martelage, les planches et les fils fins,

Cuivre.	67	»
Zinc.	33	»
Plomb	0	50
Total.	100	50

et pour le fil à épingles qui demande un écrouissage plus prompt pour obtenir la raideur nécessaire :

Cuivre.	67	»
Zinc.	33	»
Plomb.	0	50
Etain.	0	50
Total.	101	»

En général, si l'on force l'alliage en cuivre, on obtient un métal à la fois plus gras et plus dur ; si l'on force en zinc, il devient moins homogène et moins tenace. On doit brasser dans les

433. — Au moment de couler, on perce avec un ringard, l'orifice qui communique avec le fond du creuset, et on reçoit le métal dans une poche où l'on fait bien de conserver quelques charbons allumés qui surnagent et qui entretiennent la chaleur à la surface en la préservant du contact de l'air. — La température des alliages du cuivre avec l'étain ou avec le zinc, subit en peu d'instants un refroidissement sensible, et si l'on tient à obtenir des pièces coulées parfaitement saines, on ne saurait trop presser la jetée en moules et trop se mettre hors de l'atteinte des courants d'air, en ayant soin de fermer toutes les issues qui pourraient en amener pendant la durée de la coulée.

434. — Les fours à réverbère sont employés encore pour mettre en fusion de grandes quantités de métal, des scories et des lavures d'ateliers, etc., etc. Lorsqu'on y charge des alliages déjà faits, on peut décider d'après le titre de ceux-ci, s'il est nécessaire d'y ajouter, pour les ramener à la qualité voulue, une certaine proportion d'étain ou de zinc. Alors, on procède à l'introduction de ces métaux dans le bain, comme nous venons de l'indiquer pour l'alliage neuf.

C'est au moyen des fourneaux à réverbère qu'on a coulé jusqu'à présent toutes les grandes pièces de bronze qui sont sorties de nos principales fonderies. — Cependant il est reconnu qu'on peut employer avec succès, les cubilots, pour la fonte du laiton et du bronze. Les ateliers de fonderie des écoles d'arts et métiers de Châlons et d'Angers coulent du bronze de bonne qualité pour la construction des pompes de la marine, dans les mêmes fourneaux qui leur servent à mettre en fusion la fonte de fer.

435. — Les conditions essentielles pour obtenir dans les cubilots, un métal bien allié, d'une bonne température et donnant des pièces saines, peuvent se résumer en celles-ci : chauffer avec soin la sole des fourneaux, avant de charger le cuivre ; faire les charges plus petites que celles qu'on fait ordinairement pour la fusion du fer crû ; couler le cuivre rouge sur l'étain mis en bain à l'avance ; brasser avec soin pendant toute la durée du mélange ; laisser la surface du bain

---

creusets avec du bois blanc bien sec et bannir le fer qui s'alliant avec le zinc, entre dans l'alliage et le rend dur et pailleux.

Quand la nature des creusets et leur épaisseur le permettent, il est préférable de ne compléter l'alliage en zinc qu'après avoir retiré chaque creuset du fourneau.

Le zinc doit être fortement chauffé d'avance et introduit avec lenteur à la surface, pour éviter les explosions.

Dans ces dernières années, on a substitué avec plus ou moins de succès dans plusieurs usines françaises, le fourneau à réverbère aux fourneaux à air. Quand le cuivre est parfaitement chaud et affiné, on intercepte tout courant d'air de la chauffe et l'on ajoute le zinc qui se fond à la chaleur du cuivre rouge. — On coule alors comme par le passé, entre des pierres de granit recouvertes d'un enduit terreux cuit sur les pierres elles-mêmes.

dans la poche, recouverte d'une couche de charbons bien enflammés. Si le cuivre est allié avec le zinc, on fait bien de verser le premier d'abord, puis le second, en ayant soin de couvrir la poche et de ne laisser qu'un petit orifice pour le passage du ringard ou du morceau de bois qui sert à brasser.

436. — A l'exception des pièces de grandes dimensions, les objets qu'on coule le plus souvent en cuivre allié, ne sont pas d'un poids assez considérable pour qu'on soit forcé d'employer les fours à réverbère ou les cubilots. On se sert alors des fours à creusets qui par leur simplicité et le peu de frais qu'exige leur construction, sont à la portée de tous les fondeurs. La mise en fusion du cuivre s'opère de la même manière que celle de la fonte de fer; et lorsqu'on veut faire de l'alliage, on attend que le cuivre rouge soit en fusion, avant de descendre dans le creuset, le zinc ou l'étain. Avant de sortir le creuset du fourneau, on nettoye la surface du bain au moyen de l'écrêmoir fig. 26, pl. 7, afin qu'on n'ait plus qu'à verser le métal le plus promptement possible pour éviter toute cause de refroidissement.

437. — Le déchet des alliages de cuivre et d'étain est moindre que celui des alliages de cuivre et de zinc, parce que ce dernier se volatilise rapidement dès qu'il est chauffé au-dessus de son point de fusion.

Lorsqu'on fond au creuset des limailles de cuivre jaune, le déchet peut s'élever jusqu'à 25 ou 30 pour cent, et on arrive difficilement a obtenir un bain assez pur pour couler des pièces moulées; il faut donc faire des lingots qui sont fondus de nouveau et qui subissent encore un déchet de 3 à 5 pour cent. — Au cubilot, les limailles ne donnent guères plus de déchet qu'au creuset et le métal est plus chaud.

Au reste, le déchet des cuivres comme celui de la fonte de fer, est tout à fait subordonné à la durée de la fusion et au tems pendant lequel ces métaux, une fois liquéfiés, sont soumis à l'influence de la température des foyers dans lesquels ils sont placés.—La proportion du déchet varie encore suivant les appareils employés pour la fusion; elle est moins grande dans les fours à creusets que dans les fours à réverbère et que dans les cubilots. D'après des observations très-exactes, nous avons eu lieu de reconnaitre aux fonderies d'Indret: 1° que le déchet du laiton (n° 12) pouvait varier de 6 à 20 pour cent dans les fours à réverbère et de 3 à 6 pour cent dans les fours à creusets; 2° que le déchet de lingots ou de rejets de cuivre jaune n'était pas moins de 10 pour cent au four à réverbère et de 5 pour cent au creuset; 3° que le déchet du bronze (n° 6) variait de 4 à 8 pour cent au réverbère et de 2 à 4 pour cent au creuset; 4° que le même bronze fabriqué avec du cuivre rouge fondu au wilkinson éprouvait un déchet qui n'était jamais au-dessous de 4 pour cent.

438. — Pour terminer ce chapitre, nous allons indiquer quelques alliages dans lesquels le cuivre n'entre pas, mais dont la connaissance, cependant, peut être utile à ceux qui s'occupent de la fonte des métaux, en ce qui a rapport à l'in-

dustrie. Nous continuerons à classer ces alliages, par nos, en continuant la série que nous avons commencée, et cela dans le but de pouvoir les indiquer plus aisément, lorsque par la suite nous aurons besoin de les rappeler.

N° 18. — Soudure des plombiers. — Etain 0,335 ; plomb 0,665.

N° 19. — Alliage employé pour la poterie, pour la fabrication des planches à graver la musique, etc., etc. — Étain 0,50 à 0,75 ; antimoine 0,50 à 0,25. — Cet alliage est d'autant plus fragile que la proportion d'antimoine est plus grande, sa pesanteur spécifique est moindre que celle des deux métaux pris séparément.

N° 20. — Métal des caractères d'imprimerie. — 16 parties de plomb et une partie d'antimoine. Cet alliage est d'une ténacité considérable et sa pesanteur spécifique est plus grande que celle moyenne des deux métaux. — On fait encore un alliage de cuivre et de plomb qui sert pour la fabrication des gros caractères.

N° 21. — Alliage pour les modèles de fonderie. — Etain 0,75 ; plomb 0,25. — Ces proportions sont celles reconnues les plus convenables pour donner à l'alliage de ces deux métaux le maximum de dureté et de ténacité qu'il peut atteindre. On emploie encore pour les modèles, un alliage de zinc et d'étain qui est beaucoup plus dur que le zinc et beaucoup plus tenace que l'étain, tout en conservant de la ductilité ; les meilleures proportions sont 0,75 zinc sur 0,25 étain.

Pour les maîtres-modèles qui doivent peu servir, on emploie encore l'alliage dont nous avons parlé au paragraphe 403, savoir : 0,66 plomb et 0,34 étain.

N° 22. — Alliage du fer et de l'étain pour la fabrication du ferblanc. Cet alliage a lieu en plongeant dans un bain d'étain fondu auquel on a joint environ 0,025 de cuivre pour empêcher qu'il se forme sur le fer un enduit trop épais, des feuilles de tôle très-minces qu'on a rendues bien claires en les frottant avec du sablon et qu'on a tenues ensuite plongées pendant vingt-quatre heures dans une eau acidulée.

N° 23. — Alliage qui augmente la ténacité du plomb. — Plomb 0,60 ; bismuth 0,40. D'après Muschenbroeck, la ténacité de cet alliage est vingt fois plus grande que celle du plomb pur.

N° 24. — Alliage fusible à 200°c. — 8 parties d'étain ; 1 partie de bismuth.

N° 25. — Alliage fusible à 167°c. — 2 parties d'étain ; 1 partie de bismuth.

N° 26. — Autre alliage fusible à 167°c. — 3 parties d'étain ; 2 parties de plomb.

N° 27. — Alliage fusible à 141°c. — 1 partie d'étain ; 1 partie de bismuth.

N° 28. — Alliage fusible à 118°c. — 1 partie de plomb ; 4 d'étain ; 5 de bismuth.

N° 29. — Alliage fusible à 100°c. — 2 parties de plomb ; 3 d'étain ; 5 de bismuth.

N° 30. — Alliage fusible à la couleur rouge ou environ 500°c. — 4 parties de plomb ; 1 d'antimoine.

Deuxième Partie.

DU MATÉRIEL DES FONDERIES.

439. — *Principes généraux.* — Le matériel des fonderies dépend de l'importance de ces établissements et de la nature des travaux qu'on doit y exécuter. Il est peu d'usines dont on puisse compléter l'organisation aussi facilement, lorsqu'on n'a pas pour but de se mettre en mesure d'exécuter les commandes les plus importantes.

Une fonderie de fer pourrait à la rigueur (et du reste, cela se rencontre dans certaines villes de province) se constituer avec un cubilot placé sous un hallier couvert, et soufflé par un ventilateur mû à bras d'hommes ou au moyen d'un manège, quelques châssis de dimensions diverses et dont une grande partie en bois, une petite grue remplacée le plus souvent par une paire de mouffles suspendue à l'un des traits de la toiture, une étuve servant au besoin de fosse pour le moulage et enfin les outils indispensables, mais peu coûteux qui servent pour la mise en fusion du métal, pour la confection des moules et pour l'achèvement des objets coulés.

La composition d'une fonderie de cuivre serait encore plus simple, car on pourrait se passer d'une grue et de châssis de grandes dimensions; le cubilot serait remplacé par un four à creuset beaucoup moins dispendieux et le ventilateur par un soufflet de forge.

440. — Mais notre intention n'est pas de nous borner à la description d'établissements aussi peu importants, quoique nous ayons été à même plusieurs fois d'apprécier que l'économie et la simplicité qui avaient présidé à leur organisation étaient suffisantes pour les localités peu industrielles où ces établissements étaient montés.

Il existe des usines, où le matériel destiné à la fonderie, est monté sinon avec luxe, du moins sur une échelle assez grande et assez convenable pour qu'elles

puissent faire face aux travaux de toute nature qui leur seraient présentés. Un mobilier composé d'une manière complète et entendue est toujours une cause de prospérité pour les fonderies qui sont à même de l'utiliser souvent ; c'est une garantie de célérité, de bonne confection et de réussite dans les travaux à exécuter, que n'ont pas ceux qui sont dépourvus des choses, nous ne dirons pas indispensables, mais au moins de la plus haute utilité.

En entrant dans une fonderie, le matériel est loin de présenter le coup d'œil flatteur, qu'offre celui d'un atelier de construction mécanique ou de filature. Des morceaux de fonte et de fer oxidés sont répandus çà et là et il faut toute l'habitude de cette industrie pour reconnaître leur destination. Cependant, comme on pourra le voir par les chapitres qui vont suivre, ce matériel peut atteindre quelquefois la plus large extension et représenter une valeur qui paraît considérable, si l'on n'a égard qu'aux objets rouillés, sales et pour la plupart de formes bizarres qui viennent frapper les yeux.

441. — Nous avons divisé le matériel des fonderies en quatre séries distinctes qu'on adopte généralement lorsqu'on procède à la classification des inventaires. Nous intitulerons la première : *machines et appareils* ; la deuxième : *outils et ustensiles* ; la troisième : *châssis, lanternes, axes ; et armatures* ; enfin la quatrième : *modèles*. Ces quatre parties résumeront toute la valeur mobilière des fonderies, et nous leur donnerons toute l'extension qu'elles ont pu atteindre dans les établissements les plus vastes, laissant à nos lecteurs le soin de faire le choix qui leur paraîtra le plus convenable en considération des circonstances devant lesquelles ils se trouveront placés, s'il arrive qu'ils aient à organiser un atelier de fonderie.

MACHINES ET APPAREILS.

442. — *Grues.* — Après les fourneaux et les machines soufflantes dont nous avons donné la description dans notre première partie, le point essentiel dans un établissement bien monté, ce sont les grues au moyen desquelles on transporte les plus lourds fardeaux d'une extrémité de l'atelier à l'autre.

Une fonderie, quelque mince que soit son importance, devrait toujours avoir une grue placée au centre du hallier destiné au moulage, pouvant décrire une révolution entière toutes les fois qu'il est possible et rencontrant à sa circonférence les orifices de coulée des fourneaux où elle prend la fonte dans les poches pour la transporter ensuite dans les moules. Les ateliers importants ont quelquefois cinq ou six grues qui se correspondent et qui se reprennent les fardeaux qu'elles conduisent ainsi à une distance assez éloignée.

443. — Il est peu de mécanismes qui présentent autant de variétés que ceux des grues. Parmi tous les systèmes que nous connaissons, nous avons dû choisir pour les résumer sur notre planche 8ᵉ, un échantillon de chacun de ceux qui sont généralement adoptés.

Une chose à laquelle on n'attache souvent pas toute l'importance qu'elle mérite, c'est la direction des grues, c'est-à-dire le moyen de pouvoir transporter la charge depuis le centre jusqu'à l'extrémité de la volée. Cette mesure qui est d'une utilité extraordinaire pour le moulage, puisqu'elle permet de pouvoir travailler sur tous les points de l'atelier, devient précieuse lorsqu'il s'agit de remmouler des châssis avec soin, pour éviter de briser les noyaux ou les coutures des moules. Une direction mal organisée ne peut se mouvoir que difficilement quand la grue est chargée, ne marche que par secousses, chose essentielle à éviter surtout pour les moules en sable vert, nécessite quelquefois l'aide de plusieurs hommes pour être mise en train et se brise souvent au moment le plus inattendu.

444. — Les directions à crémaillère comme celle de la fig. 7, sont celles qu'on retrouve le plus souvent dans les fonderies, parce qu'elles sont les moins coûteuses à établir. Pour qu'elles soient solides, il faut que la crémaillère soit soutenue en différents points par des galets sur lesquels elle frotte pendant sa marche. Et malgré cette précaution, il arrive souvent que la charge fait fendre cette crémaillère qui se courbe et se brise lorsqu'elle est en fonte et qui donne de fortes secousses lorsqu'elle est en fer.

Les directions à vis (fig. 1), quoique plus coûteuses, fournissent un mouvement plus régulier. Toutefois, sous l'influence d'une forte charge, les vis peuvent aussi se courber, donner des secousses et rompre les filets des écrous. Pour résumer, nous devons dire que les directions à chaînes sans fin glissant sur deux galets (fig. 3), sont celles qui nous ont paru donner les meilleurs résultats; nous les avons employées avec succès pour mettre en mouvement des moules d'un poids extraordinaire et nous n'avons reconnu aucun des inconvénients que nous venons de signaler pour les deux systèmes précédents. Nous sommes cependant loin de dire que ceux-ci ne doivent pas être usités; il est constant que construits avec soin et pourvus de la solidité nécessaire, ils peuvent remplir toutes les conditions désirables. Nous laissons donc aux constructeurs, le soin de choisir suivant leur propre impulsion, les procédés de directions qui leur paraîtront les plus convenables.

445. — Plusieurs fonderies ont adopté les grues en fonte et celle que nous représentons par les fig. 3 et 4 est un des meilleurs modèles en ce genre; mais on leur préfère encore les grues en bois, auxquelles on peut donner une plus longue portée dans les établissements où les halliers sont peu élevés. La grue dessinée fig. 1 et 2 achèvera d'expliquer notre idée; quoique d'une hauteur peu considérable, sa volée est très longue et peut desservir un vaste espace,

sans qu'on ait à craindre pour la solidité qu'assurent plusieurs tirants en fer fixés à une boîte en fonte que porte la partie supérieure de l'arbre vertical.

Cette grue qui est construite aux fonderies de Tusey où elle est considérée comme la meilleure parmi les sept que possède cet établissement, a l'inconvénient d'offrir un abord embarrassant à cause du mécanisme qui environne le treuil; mais il est facile de supprimer le frein et le volant, accessoires plus gênants qu'utiles dans un atelier, et de réduire la disposition des engrenages aux conditions de simplicité que présentent les fig. 5 et 6.

446. — On se sert encore dans les fonderies, de grues tournant sur un seul pivot fixé au sol; mais ces grues qui n'ont point de chariot, sont plus avantageuses dans une cour ou sur un port que dans un établissement couvert. Elles servent de préférence, à faire les chargements, et par cette raison, on en trouve de nombreux modèles dans les entrepôts. — Leur partie inférieure s'enfonce dans un massif en maçonnerie où elle va chercher le pivot et où elle est soutenue au niveau du sol par plusieurs galets assemblés dans une couronne en fonte encastrée dans la pierre. Leur partie supérieure est composée d'un assemblage de pièces de bois dont la disposition est telle que l'effort se fasse toujours en agissant vers l'axe.

Il est possible qu'on arrive à employer pour le travail des fonderies, le système de treuils suspendus, qu'ont adopté les compagnies de chemins de fer, pour le chargement des fardeaux à la fois lourds et volumineux; on y gagnerait l'avantage de débarrasser les ateliers des arbres de grues qui sont quelquefois gênants, mais il serait difficile d'établir une charpente assez bien disposée pour qu'on puisse faire manœuvrer les moules sur tous les points, avec toute la précision qu'ils nécessitent, de la même manière qu'on y parvient au moyen de la direction des grues ordinaires.

447. — *Étuves.* — Les étuves sont comme les grues, pour ainsi dire indispensables dans quelque fonderie que ce soit. On n'obtiendrait jamais une dessiccation aussi complète des moules et des noyaux, en plein air que dans une étuve; on consommerait en outre une quantité bien plus grande de combustible, chose à considérer comme nous avons eu occasion de le répéter plusieurs fois. Le coke et la houille brûlent difficilement en plein air, s'ils ne sont pas soutenus par une grille servant à alimenter la combustion; on serait donc obligé d'employer pour le séchage une forte proportion de charbon de bois dont le prix est toujours assez élevé pour qu'on ait bientôt regagné par l'économie qui a lieu, la dépense d'une étuve où l'on brûle facilement de la houille et du coke, souvent ni l'un ni l'autre de ces combustibles, lorsqu'on parvient à chauffer ces capacités par la flamme perdue des hauts-fourneaux ou par la chaleur qui s'échappe des fours à coke. A ce sujet, nous mettrons de nouveau sous les yeux de nos lecteurs, les fig. 1, 2 et 3 pl. 9 dont il a déjà été question précédemment (303) et qui représentent une étuve échauffée par un four à coke. Le seul inconvénient de ces étuves, c'est que

la fumée de la houille s'attachant aux moules et aux noyaux, nuit à ces derniers, lorsqu'ils sont faits en terre et lorsqu'ils ont à recevoir de nouvelles épaisseurs, qu'il est difficile alors de bien faire adhérer aux premières.

448. — Dans les fonderies où l'on exécute de fortes pièces, les étuves peuvent recevoir de très grandes dimensions; on les ferme par de larges portes en tôle et les gros moules y sont introduits sur un chariot en fonte dont les galets glissent sur les rails d'un chemin de fer qui communique avec les grues. Les petits moules et les noyaux se placent sur les côtés et dans le fond; ils sont soutenus par des barres transversales en fer fixées dans la maçonnerie. La houille ou le coke brûlent dans un foyer qui garnit le milieu de l'étuve et qui est alimenté par un courant d'air venant de l'extérieur. La fig. 5 peut donner une idée de la disposition adoptée en pareil cas, et les trois projections fig. 19, 20 et 21 sont celles d'un chariot d'étuve.

449. — On se sert encore d'étuves maçonnées dans le sol et pouvant au besoin être utilisées pour le moulage et pour la coulée des pièces dont la hauteur nécessite l'emploi d'une fosse. Les moules à sécher, sont alors descendus à la grue et placés sur des tréteaux en fonte reposant sur le fond de la fosse; le feu se fait dans les coins et tout autour des moules s'il est nécessaire; puis l'étuve est recouverte de plaques de fonte que maintiennent plusieurs barres à nervures et qui ne dépassent pas le niveau du terrain.

450. — *Machines à préparer les sables.* — Les sables destinés au moulage sont habituellement séchés, broyés, passés au tamis, puis mouillés et frottés au rouleau sur une surface plane qu'on appelle *fond* ou frottoir. Il est d'un usage presque général que ces opérations soient faites à bras d'homme. Cependant dans les ateliers où l'on fait une grande consommation de sable frotté et dans ceux surtout où pour le moulage en sable d'étuve à pièces de rapport, on a besoin d'un sable bien travaillé et présentant ce qu'on nomme du *corps*, c'est-à-dire du liant, de la résistance et du moelleux tout à la fois, il devient utile de se pourvoir d'une machine à frotter. Cette machine qui se compose de deux cylindres mis en mouvement par des roues dentées et surmontés d'une trémie, est de la plus grande simplicité (1). On fait ordinairement le diamètre d'un des cylindres de 1/3 à 1/4 plus petit que celui de l'autre; la vitesse de ce dernier est établie dans le même rapport. Les paliers qui portent les cylindres peuvent être écartés ou rapprochés par des vis de pression suivant la qualité à donner au sable (2).

---

(1) M. Dentzot, mécanicien à Paris, rue Popincourt, construit spécialement toutes les machines à l'usage des fondeurs. Il a acquis une grande habitude dans ce genre de travail et ses machines à frotter le sable, quelque simples qu'elles soient, ne laissent rien à désirer.

(2) Il est évident que plus les cylindres sont serrés l'un contre l'autre, plus le sable doit acquérir du corps.

451. — Les fig. 14 et 15 représentent une machine à frotter et à broyer le sable à laquelle est joint un séchoir. — Lorsqu'on veut broyer le sable et le sécher avant de le passer au tamis, on le jette sur les cylindres *a a* par la trémie *t*; à sa sortie des cylindres, il vient au moyen du glissoir *b* et de la seconde trémie *s* tomber dans le séchoir cylindrique *m* garni de cloisons à l'intérieur. On met en mouvement ce séchoir, après avoir fermé l'ouverture rectangulaire correspondant à la trémie *s*, une fois qu'il a reçu une certaine quantité de sable qui ne doit pas dépasser en le remplissant, la hauteur des cloisons; et alors le sable que le mouvement de rotation déplace continuellement reçoit le contact d'un courant d'air chaud envoyé au moyen du ventilateur *c* par la communication *e e* qui vient se joindre à l'arbre creux du séchoir *m*. Si l'on veut ensuite frotter le sable après qu'il a été mouillé, on le passe aux cylindres lorsqu'on a enlevé le glissoir *b*, afin qu'au lieu de gagner le séchoir, il vienne tomber dans la boîte *n* placée directement au-dessous des cylindres frotteurs.

Les détails (fig. 16) sont ceux des cylindres frotteurs montés sur leurs axes et accompagnés des engrenages qui leur donnent le mouvement. — La fig. 17 donne la coupe du cylindre séchoir.

452. — L'emploi du séchoir est bien moins général et beaucoup moins utile que celui de la machine à frotter. On fait sécher le sable en été au soleil; en hiver sur des plaques de fonte ou sur des feuilles de tôle, dans les étuves, sur les fourneaux; quelquefois même on le jette dans les cubilots après la fonte, mais ce séchage trop prompt et trop vif recuit les sables et nuit à leur qualité.

Il est assez d'occasions où l'on trouve de la chaleur perdue à employer, pour qu'il soit facile de se passer du séchoir mécanique qu'on ne peut pas toujours employer d'ailleurs, faute d'avoir à sa disposition un courant d'air chaud et un moteur convenable, tandis que la machine à frotter peut être mise en mouvement à bras au moyen d'une manivelle placée sur l'un des rayons d'un volant.

453. — *Machines à préparer la terre.* — L'usage des machines à préparer la terre pour les noyaux, comme celui des machines à frotter le sable, n'est pas de rigueur. Un homme armé d'un couteau en fer à manche recourbé peut triturer la terre sur un établi ou sur un plancher en bois; quelquefois même, lorsqu'on a besoin de préparer de grandes quantités de terre, on la pétrit avec les pieds. Cependant, il peut devenir avantageux d'employer dans ce dernier cas, un pétrisseur dans le genre de celui qui est représenté par les fig. 5 et 6. Ce pétrisseur consiste tout simplement dans une caisse circulaire en fonte où travaille une traverse armée de couteaux, que fait tourner à une vitesse de 4 ou 5 tours par minute, une arbre vertical mis en action par un moteur quelconque. Il faut avoir soin que les couteaux soient en nombre inégal de chaque côté de la traverse, afin qu'ils ne frayent pas toujours le même passage.

On emploie encore pour broyer la terre, des pétrisseurs disposés à la manière

des patouillets ou composés de deux cylindres semblables à ceux des machines à frotter, mais d'un plus grand diamètre. Cependant, à notre avis, le premier procédé que nous avons décrit est le plus convenable. Un pétrisseur à couteaux semblable à notre dessin, fonctionne depuis plusieurs années à la fonderie d'Indret où il satisfait à tous les besoins du moulage par un travail de quelques heures par jour.

454. — *Moulins à pulvériser.* — Il est indispensable qu'une fonderie puisse disposer d'un moulin à préparer le poussier de charbon de bois ou de houille dont les mouleurs font une grande consommation. Les fondeurs en cuivre, seuls, lorsqu'ils font peu d'affaires, prennent le parti de pulvériser le charbon dans un mortier (1).

Les moulins à pulvériser sont de formes très-variées; notre planche 9 en donne quatre systèmes différents.

Celui qui est dessiné fig. 7 et 8 serait le plus convenable, mais il occupe trop d'emplacement, quelque faible que soit la longueur des bras qui conduisent les meules. Ce serait celui qui ferait le plus de travail dans un temps donné. Il se compose de deux meules qui se meuvent dans une auge circulaire. Les meules sont ordinairement suivies d'un rateau denté qui tend à diviser le charbon écrasé et à le ramener au fond de l'auge.

Les fig. 9 et 10 donnent un anneau creux dans lequel circulent des boulets qui broyent le charbon, lorsque cet anneau a acquis un mouvement de rotation communiqué par une courroie mise en rapport avec le moteur. — Le cylindre représenté par les fig. 11 et 12 remplit le même but que l'anneau et dans des conditions semblables; la quantité de boulets qu'il renferme est plus grande et lorsqu'il n'est pas trop chargé de charbon, son produit est plus considérable que celui de l'anneau pendant le même temps. — La vitesse de ces deux appareils est ordinairement de 25 à 30 tours par minute.

La fig. 13 est le profil d'un pilon qui fonctionne dans un mortier à base carrée ou circulaire; quelquefois ce mortier a une certaine longueur, sa base est rectangulaire et il reçoit plusieurs pilons. Ce dernier mode de pulvérisation est le moins avantageux comme produit, mais quelquefois c'est le moins embarrassant lorsqu'on a peu de place à disposer aux environs du moteur.

En général, l'application des divers appareils que nous venons d'indiquer, dépend des localités et surtout de la position des moteurs.

---

(1) La consommation extraordinaire que font les fondeurs de Paris, de poussier végétal et de poussier minéral, a fait pour ainsi dire une industrie particulière de la pulvérisation du charbon. Aujourd'hui la plupart des fonderies à Paris, n'ont pas de moulins à pulvériser et achètent le poussier tout préparé. — Il est juste de dire que les fabricants de poussier ne travaillent pas que pour les fondeurs et qu'ils livrent une partie de leurs produits à d'autres industries.

455. — *Casse-fonte.* — On dispose d'une casse-fonte partout où on peut accrocher une paire de moufles ou une poulie dont la corde vient d'un bout s'enrouler sur le tambour d'un treuil, et de l'autre soutient un mouton en fonte qu'on peut laisser tomber au moyen d'un déclic, lorsqu'une fois il est parvenu à une certaine hauteur.

Mais comme en cassant fréquemment d'énormes gueuses ou des pièces défectueuses trop grosses pour être refondues dans les fours ordinaires et trop massives pour être cassées au marteau à main, il arrive qu'on peut ébranler le terrain et nuire à la solidité des bâtiments environnants, on organise les casse-fonte au moyen d'un trois-pieds comme celui dont la fig. 22 montre l'extrémité. Ce trois-pieds qui est construit solidement en bois de sapin, est armé de poulies qui conduisent le câble auquel le mouton est soutenu.

La hauteur des casse-fonte varie de 15 à 20 mètres; on la fait d'autant plus grande et on donne au mouton un poids d'autant plus considérable que les morceaux à casser ont plus d'épaisseur. — Le mouton est une masse coulée en fonte blanche, à laquelle on évite de donner des angles vifs qui éclateraient au contact des pièces brisées. Les formes les plus convenables sont celles d'un cylindre (fig. 22) ou d'une poire (fig. 23).

456. — Les divers appareils que nous venons de décrire sont spécialement du ressort de la fonderie; ils pourraient à la rigueur composer la première des quatre séries que nous avons désignées. Mais les établissements importants ne se sont pas bornés à produire des fontes moulées; ils se sont mis en mesure de livrer au commerce des objets travaillés, c'est-à-dire tournés, allésés, forés, etc., etc., et même quelques grosses machines où la valeur de la matière dépasse beaucoup la main-d'œuvre du mécanicien, telles que des laminoirs de forges anglaises, des presses hydrauliques, des moulins, etc., etc. Il a donc fallu pour l'exécution de ces travaux et en même tems pour l'entretien des machines utiles à la fonderie que chaque usine eût, suivant son importance, un atelier d'ajustement plus ou moins vaste et outillé; de là, la nécessité de monter des tours, des allésoirs, des foreries, des meules horizontales et verticales pour ébarber et dresser les pièces, etc., etc. La plupart des hauts fourneaux qui produisent de la fonte moulée sont aujourd'hui montés de cette manière et en mesure de faire autant de travail que bien des ateliers qui ne s'occupent que de la construction (1).

(1) Les hauts fourneaux les moins importants que nous connaissions, occupent au moins, sans compter les charbeurs, quatre ou cinq ouvriers forgerons, tourneurs et ajusteurs et autant de menuisiers. A défaut de travail de commande, ces ouvriers réparent le matériel et l'augmentent tous les jours de nouveaux modèles, châssis, etc., etc.

457. — Au reste, il est convenable que les fonderies de 2ᵉ fusion aient à leur service, ne fût-ce que pour leurs besoins personnels, un tour de médiocre force pouvant alléser au besoin, une machine à percer simple et pouvant se transporter, une petite forge, un ou deux établis de menuisiers, une meule, quelques étaux, etc. Enfin, il est bon que, sans changer la destination d'une fonderie pour en faire un atelier de construction, on soit à même d'exécuter à l'intérieur, tout le travail qu'elle réclame, en le confiant à des ouvriers exercés à cette spécialité.

458. — Nous terminerons ce chapitre par l'examen de deux appareils aujourd'hui indispensables dans la plus grande partie des usines qui travaillent le fer coulé en première fusion, et qui confectionnent des quantités considérables de tuyaux de conduite d'eau et de gaz. Nous voulons parler des presses qui servent à essayer ces tuyaux à une pression hydraulique qui varie de 5 à 12 atmosphères. Cette épreuve est une condition de rigueur imposée par les ingénieurs et par les architectes qui font emploi de tuyaux de fonte, et elle doit être faite avec le plus grand soin. Lorsque les tuyaux soumis à la pression présentent un suintement considérable, ils sont immédiatement mis au rebut; lorsqu'ils ne font que *aimer*, c'est-à-dire lorsqu'ils se mouillent à la surface, mais sans jet, on les frappe fortement avec la panne d'un marteau à l'endroit défectueux; puis si le défaut ne devient pas plus grave à la suite de cette opération, on les frotte à cette place d'un mélange de sel ammoniac et d'urine, pour les laisser reposer pendant un certain tems après lequel on les essaye de nouveau. — Les fig. 24 et 25 pl. 9ᵉ donnent une presse d'essai qui peut convenir à des tuyaux de la plus grande longueur et du plus gros calibre. — La poupée A est fixe; la poupée B est mobile et glisse sur le banc en fonte *m m* étant guidée par deux tringles à clavettes. — Le tuyau à éprouver est serré contre la poupée A au moyen du tampon *c* garni de filasse et conduit par une vis de pression. — L'eau est amenée dans le tuyau, par le robinet *t* qui se ferme, au moment d'exercer la pression par l'action de la pompe foulante *f* placée dans un bâche plein d'eau. La quantité d'atmosphères est indiquée par une série de rondelles en plomb placées sur la soupape d'évacuation *r* dont l'orifice se détermine eu égard au diamètre du piston foulant, à la longueur du levier et au poids des rondelles. Il nous suffira d'indiquer que dans la fig. 24, l'orifice où s'exerce la pression a un diamètre de 0,013; que la longueur du bras de levier est de 1ᵐ35; que le diamètre du piston est 0,050 et enfin que le poids de chaque rondelle en plomb est de 1 kilog. — Les fig. 26 et 27 représentent une presse destinée à remplir le même but, mais beaucoup plus simple et ne pouvant servir que pour des petits tuyaux de fontaines de 1ᵐ15 à 1ᵐ20 de longueur. — L'eau est placée dans un réservoir supérieur *p p*; elle descend de là, remplir le tuyau à essayer; puis on se sert de la pompe *x* pour opérer la pression qui se mesure au moyen du levier *i i* sur lequel glisse un contre-poids.

OUTILS ET USTENSILES.

459. — Nous ne nous attacherons pas à donner une description succincte des outils dont une fonderie doit être pourvue ; le nombre et la variété des formes de ces outils dépendent principalement du genre des travaux adoptés par chaque établissement. Les outils et ustensiles pourraient se diviser en trois classes, savoir : les outils affectés au service des fourneaux ; ceux qui forment le trousseau de chaque ouvrier mouleur et qui presque toujours lui appartiennent ; enfin ceux qui étant d'un usage général, sont mis en commun dans l'atelier et sont d'autant plus nombreux que le nombre d'ouvriers est plus grand. — Dans notre première partie, nous avons dit quels étaient les outils employés par les fondeurs pour la mise en fusion des métaux. Il ne nous reste donc plus, qu'à parler des deux dernières classes dont nous nous bornerons à donner la nomenclature détaillée.

460. — *Outils spéciaux des mouleurs.* — La forme et les dimensions des outils employés par les mouleurs, sont subordonnées le plus souvent à leurs caprices. Il n'est pas rare qu'un ouvrier trouve incommode, un outil qu'un autre adopterait de préférence ; chacun d'eux a des habitudes différentes dans son mode de travail et on trouve difficilement deux mouleurs qui emploient exactement les mêmes moyens, quoiqu'ils parviennent cependant au même but, avec un succès égal. Cette différence dans les moyens d'exécution, bien qu'ils partent tous d'un même principe pour arriver à des résultats semblables, n'est pas d'ailleurs sensible, seulement, dans l'industrie dont nous nous occupons ; elle est constatée dans toutes les industries et dans tous les arts. N'est-ce pas le même fait baptisé déjà des noms divers de *cachet*, de *manière*, de *genre*, etc., etc., par lesquels les musiciens, les peintres, les littérateurs, etc., etc., l'expliquent avec autant de justesse que d'expression.

Nous nous contenterons donc de reproduire par le dessin, les formes les plus usitées des outils de moulage, autant dans le but de donner une idée aussi nette que possible de ces objets, que dans celui de rendre plus clairs, les détails sur les opérations du moulage, détails auxquels nous arriverons quelques pages plus loin.

461. — Voici quels sont les principaux outils qui sont ordinairement la propriété de chaque mouleur.

Trois *truelles* (fig. 1, pl. 10), une à cœur *a*, une rectangulaire *b*, une à gouge *c* ; les deux premières ayant des manches en bois, la dernière étant terminée d'un bout par une gouge et de l'autre par une truelle à cœur de dimension plus petite que la première. Toutes trois servent à dépouiller, à lisser et à trancher les moules.

Plusieurs *spatules* de différentes grandeurs (fig. 2, *c* et *d*); celles de la forme *d* qui servent principalement pour le moulage en sable d'étuve, prennent souvent le nom d'*ébauchoirs*.

Divers *lissoirs* ou *paroirs* (fig. 3, *e, f, g, h*) utiles pour réparer les parties détériorées des moules et pour lisser ceux-ci au poussier, afin que leurs surfaces aient moins d'adhérence avec la fonte. — La variété des lissoirs est très-nombreuse; on leur donne toutes les formes possibles suivant celles des modèles; ils servent quelquefois à redresser des moulures, des cannelures, des filets, etc., dont ils reproduisent l'empreinte exacte.

Une *tranche* (fig. 4) dont l'anneau et la lame sont également nécessaires pour tracer les canaux ou jets qui conduisent le métal dans les moules. On s'en sert aussi pour découper les pièces de rapport, mais on emploie plus utilement dans le même but, un couteau à manche en bois (fig. 5).

Une série de *crochets* de différentes longueurs et largeurs (fig. 6) dont les deux extrémités sont utiles pour nettoyer le fond des moules. Quelques-uns de ces crochets peuvent avoir leur partie droite disposée en forme de gouge.

Une *brosse à mouler* (fig. 7) composée de soies de sanglier retenues par un anneau. Elle sert à nettoyer les moules, à étaler le poussier sur les pièces de rapport, etc. Quelques mouleurs emploient dans le même but un gros pinceau en blaireau ou un paquet de queues d'écureuils.

Enfin, un *sac à poussier* en grosse toile (fig. 8); des *aiguilles* pour retirer les pièces de rapport (fig. 9); des *petits maillets* et des *bobines* (fig. 10 *m* et *n*) pour battre ces mêmes pièces etc., etc.

462. — *Outils et ustensiles à la charge des usines.* — Les outils qui suivent sont fournis au compte du maître de fonderie et mis en commun.

Les *battes* à têtes en bois et en fer (fig. 11, *u, v, x, y, z*) pour fouler le sable dans les châssis et dans les boîtes à noyaux; les battes rondes, plates, pyramidales, à pilettes, les gros maillets (fig. 12 *o, p, q, r, s*) qui servent à comprimer le sable et à le durcir à la surface lorsqu'il a été foulé.

Les *règles* en fer ou en bois pour dresser le dessus des moules, lorsqu'ils sont comprimés (fig. 13).

Les *tamis* pour préparer le sable et le passer sur les modèles. On les choisit ordinairement en toile métallique, ceux en crin et en soie, n'offrant pas assez de durée. Cependant on passe au tamis de soie, le sable destiné au moulage des objets très-délicats. — On choisit parmi les toiles métalliques, les nos 30, 50, 60 et 80 quand il s'agit de tamiser le sable sec et les nos 4, 8, 12 et 16 pour le du sable mouillé.

Les *soufflets* sans base (fig. 14) pour enlever les scories et le sable inutile qui restent au fond des moules.

Les *compas* à pointes et d'épaisseur pour l'ajustement des noyaux dans les moules et pour la préparation des premiers quand ils se font au tour ou à la main.

Les *règles*, les *équerres* et les *niveaux* (fig. 15, 16 et 17); les *pelles* en fer et

en bois; les *marteaux*; les *brosses* à nettoyer les modèles; les *brosses* à main, les *pinceaux*, les *balais* en étoupes pour enlever le sable des moules et pour leur passer la couche; les *aiguilles* à tirer l'air; les *tire-fonds* pour retirer les modèles du sable; les *tables* à mouler et les *tables* à frotter le sable, composées d'un fond et d'un dossier posés sur des trétaux; les *caisses* à mouler (fig. 18) dont les encognures reçoivent le sable neuf ou sable frotté et dont le plus grand espace contient le sable vieux; les *planches* à mouler ou *onds* de châssis composés de planches de sapin clouées sur deux traverses en chêne et dont les dimensions suivent la même progression que celles des châssis; les *presses* à couler (fig. 19) dans lesquelles on entasse les moules des petits objets qui sont coulés en chute; les *tours* à noyaux (fig. 20) composés d'un banc en bois qui reçoit deux poupées dont l'une est fixe et l'autre mobile, ou bien encore de deux tréteaux en fonte supportant des coussinets qui reçoivent les axes des gros noyaux; les *emprunts*, *trousseaux* ou *calibres* qui servent à donner aux noyaux ou aux chapes, la forme voulue à l'aide du tour ou de *l'arbre* à calibre (fig. 21).

463.— Enfin, pour terminer cette longue énumération où il manque sans doute encore bien des objets que nous croyons devoir négliger parce qu'ils sont de peu d'importance, les *poches* ou *creusets* qui servent à couler les moules.

La description de ces ustensiles qui doit terminer notre deuxième chapitre concernant le mobilier des fonderies, mérite que nous lui accordions une plus grande étendue que celle donnée aux détails qui précèdent. Sans une série convenable de poches, non-seulement un atelier ne pourrait suffire aux commandes qui lui seraient adressées, mais il compromettrait la sûreté des ouvriers en les obligeant à prendre souvent pour la coulée de leurs moules, des dispositions vicieuses, à la suite desquelles pourraient naître de graves accidents. Ainsi par exemple, il y aurait, toutes choses égales d'ailleurs, plus de danger à craindre en coulant un moule avec une poche beaucoup trop pleine ou avec plusieurs poches, qu'en le coulant avec une poche de la grandeur et de la solidité nécessaires.

Les séries de poches ou creusets pour couler à l'aide de plusieurs hommes ou au moyen de grues, s'organisent de la manière suivante en les désignant par leur contenance: une ou deux poches de 50 kilog., ou une poche de 50 kilog. et une de 75 kilog.; une poche de 100 kilog.; une poche de 150 kilog. ou une de 200 kilog.; une de 250 kilog.; une de 350 à 400 kilog.; une de 750 à 800 kilog. et enfin une de 1500 à 2000 kilog. — Et pour les usines importantes, une poche de 3000 kilog.; une de 5 à 6000 kilog.; une de 10 à 12000 kilog. et ainsi de suite. On fait toujours bien de calculer la capacité des poches sur un chiffre rond, afin qu'au moment de la coulée on puisse aisément choisir celles qui conviennent le mieux à chacun des moules à couler.

Dans les hauts fourneaux, les poches sont faites en fonte à une épaisseur qui varie de 0,008 à 0,035; on les garnit à l'intérieur d'une couche mince de vieux

sable mélangé dans l'eau avec du crottin de cheval. Lorsque la couche est solidement retenue aux parois intérieures des poches, lorsqu'elle est bien séchée, de manière que ses bords se décollent un peu de ceux de la fonte, on n'a pas à craindre les accidents. — Dans les fonderies, on préfère les poches en tôle qui sont presqu'aussi pesantes que celles en fonte à cause de la quantité d'armatures qui les soutiennent et à cause de l'épaisseur de la garniture en terre qu'on fait ordinairement beaucoup plus forte. — On a soin à l'ordinaire, de mettre les tourillons des poches un peu plus bas que le centre de gravité, afin quelles puissent se manœuvrer plus facilement quand elles se vident, moment où ce centre de gravité est déplacé. — La fig. 22 pl. 10 représente une poche en fonte pouvant couler environ 200 kilog. — La fig. 23 donne le dessin d'une poche en tôle qui peut couler environ 1800 kilog. Cette poche est suspendue à une anse dont l'anneau se passe dans le crochet d'une grue; elle peut être pourvue d'une tubulure *a a* qu'on retorche de la même manière que l'intérieur et par laquelle la fonte venant en source est versée plus commodément et sans qu'il soit nécessaire de l'écrémer. — Lorsque les poches sont d'une certaine capacité, il vaut mieux les conduire avec le levier coudé (fig. 24) plutôt qu'avec les croisillons, dont cependant un des côtés peut servir pour aider à retenir la charge qui devient moins gênante pour l'ouvrier qui coule. On les suspend au moyen d'une anse recourbée deux fois à angle droit ou d'un balancier retenu à la grue par une chappe, et soutenant deux crochets. Les détails de ces trois derniers objets sont exprimés par les fig. 8, 9 et 10 de la planche 8.

La fig. 25, donne l'ensemble d'un mécanisme fort simple au moyen duquel deux ou trois ouvriers peuvent couler facilement et sans aucun danger, de grandes masses de fonte. Ce mécanisme consiste en une chappe disposée en forme de T et retenant deux bielles qui prennent les tourillons du creuset tout armé. Sur l'une des bielles, un double coussinet rapporté supporte une vis sans fin, disposée de telle sorte qu'en recevant un mouvement de rotation, au moyen du volant *v*, elle conduit une roue dentée fixée sur le tourillon du creuset, et permet ainsi d'incliner la poche à volonté. Les pièces en fer *b b* fixées aux bielles servent à diriger le jet. — L'usine d'Indret possède deux poches mises en mouvement par le mécanisme que nous venons indiquer; l'une contient 11000 kilog. et l'autre 6000 kilog. Peut-être nos lecteurs trouveront utile de connaître leurs dimensions principales :

POCHE DE 11000 KILOG.		POCHE DE 6000 KILOG.	
Diamètre intérieur sans terre.	$1^{m}\,380$	Diamètre intérieur sans terre.	$1^{m}\,175$
Profondeur.	$1^{m}\,600$	Profondeur.	$1^{m}\,100$
Roue dentée — diamètre	$0^{m}\,600$	Roue dentée — diamètre.	$0^{m}\,470$
Vis sans fin à 2 filets — diamètre.	$0^{m}\,130$	Vis sans fin à 2 filets — diamètre.	$0^{m}\,080$
Id. *id.* *id.* — pas.	$0^{m}\,040$	*Id.* *id.* *id.* — pas.	$0^{m}\,040$
Tourillons — diamètre.	$0^{m}\,140$	Tourillons — diamètre.	$0^{m}\,080$

La poche de 6000 kilog. est celle qui manœuvre le mieux parce quelle a une vis sans fin beaucoup moindre et par conséquent le pas plus incliné. Il faudrait à la poche de 11000 kilog. une vis comme à celle de 6000 kilog.

Outre les poches dont nous venons de parler, on se sert encore dans les fonderies et principalement dans les hauts fourneaux, de poches en fer (fig. 26) utiles pour couler les petits moules (220) et de poches à levier dites poches à culot (fig. 27) employées principalement pour la coulée des pièces moulées à découvert.

CHASSIS, LANTERNES, AXES ET ARMATURES.

464. — *Des châssis* — Les châssis composent la partie la plus importante du matériel des fonderies. Leurs dimensions et leurs formes pourraient varier à l'infini si elles devaient toujours dépendre de la nature des pièces à exécuter. Mais on adopte dans chaque établissement, des séries de châssis qui permettent, sauf quelques rares exceptions, de mouler toutes les pièces qui se présentent, sans qu'il soit besoin de châssis spéciaux. Il arrive souvent à la vérité, que les difficultés du moulage et les chances de non réussite s'accroissent, faute d'un matériel convenable, mais le talent et l'intelligence des ouvriers mouleurs savent lutter contre les inconvénients, et le fabricant n'a pas d'autres dépenses à craindre que celles d'un certain accroissement dans le temps que dure le travail, dépenses qui sont loin d'égaler celles que nécessiterait un mobilier façonné à la demande de chaque pièce.

465. — Cependant, on doit gagner à établir des châssis particuliers pour les objets qui sont d'un écoulement habituel et dont le moulage se répète souvent, ainsi les tuyaux de conduite et de descente, ainsi les objets de vaisselle, ainsi les ornements plats pour le bâtiment, etc., etc. — Les châssis de tuyaux sont longs et peu larges comme les pièces elles-mêmes; ils se composent de deux parties d'égale épaisseur et ils sont divisés à l'intérieur par des cloisons dont la forme demi-circulaire suit celle du modèle qui se moule en deux moitiés prises dans chaque partie de châssis dont la largeur est calculée pour laisser 0,04 à 0,05 de sable de chaque côté.

466. — Les châssis de marchandises creuses, prennent autant que possible la forme des modèles. Dans la plupart des usines, on les fait en bois parce que la poterie étant d'une très faible épaisseur et se retirant des moules un instant après la coulée, on n'a pas à craindre de les voir se brûler. — Il y a bien des hauts fourneaux où les châssis en bois sont d'un excellent usage et durent assez longtemps, pour qu'il soit tout à fait économique de les préférer aux châssis en fonte.

— Les sableurs (1) sont peu portés d'ailleurs en faveur de ces derniers qui les fatiguent beaucoup, lorsqu'il s'agit de les remuer, ce qui arrive fréquemment pendant le moulage et après la coulée. — Plusieurs établissements qui avaient adopté les châssis en fonte pour le moulage des poêles, des grosses marmites, des chaudrons etc., en ont reconnu les inconvénients et se sont bornés à conserver cet usage pour les objets d'un petit volume et par conséquent d'une manœuvre facile.

Au reste, il ne faut pas croire que les châssis en fonte pour la marchandise creuse sont coulés à une épaisseur semblable à celle qu'on donnerait à des châssis de pièces de machines. Ils reçoivent une pression assez faible à la coulée, pour qu'il suffise de leur donner une épaisseur de 0,005 à 0,006^{m}, ce qui n'empêche pas souvent qu'ils soient difficilement maniables. On peut leur faire prendre la forme exacte des modèles et les séparer dans la même direction qu'a reçue la coupe de ceux-ci (2).

Il est essentiel que les châssis des pièces creuses qui se coulent ordinairement par le fond, aient des goujons d'une grande longueur pour que la chappe n'effleure pas le noyau, lorsqu'on ferme le moule. Nous ne donnons pas ici, les figures de quelques-uns de ces châssis, parce qu'on les retrouvera, lorsque nous expliquerons les opérations du moulage.

467. — Les châssis d'ornements plats, de balcons par exemple, sont composés de deux parties, l'une à barres plates (fig. 26 pl. 10), l'autre à compartiments (fig. 27). C'est cette dernière qui porte les jets; on la fait à compartiments pour qu'elle retienne mieux le sable, au moment où elle est enlevée pour retirer le modèle et pour fermer le moule; elle est utile d'ailleurs pour empêcher les sables de forcer, c'est-à-dire de se soulever quand on coule les pièces. La partie du dessous qui, une fois en place, n'est plus dérangée, n'a besoin que de barres plates qui suffisent à lui donner la solidité nécessaire pour être retournée, lorsqu'elle est battue et jointe avec la partie du dessus au moyen de clavettes ou de crampons.

Une semblable disposition se répète pour tous les châssis de pièces dont la partie coulée en dessus n'offre pas de saillies. On ne fait du reste, emploi de ces châssis que pour les objets de peu d'étendue ou pour ceux qui ne seraient pas d'un

---

(1) Dans les hauts fourneaux, on appelle sableurs, les ouvriers qui moulent la marchandise creuse.

(2) Ainsi, la coupe de deux parties de châssis qui se rassemblent entr'elles, n'est pas toujours formée par des lignes droites: Un foyer mobile par exemple, qui n'est autre chose qu'une caisse dont deux côtés sont représentés par des talons renversés, nécessite un châssis composé de trois parties, le côté à noyau, la chape et le côté de dessus où sont les jets; les deux premiers côtés sont réunis suivant une coupe qui suit la forme des talons sur les côtés et qui est formé de lignes droites devant et derrière.

moulage facile en fosse. Autrement, on ne se sert que des parties à compartiments, dites *parties quadrillées* (fig. 28), qui sont utiles pour recevoir l'empreinte supérieure des pièces qui se moulent à l'anglaise.

468. — Lorsqu'on veut éviter de multiplier les châssis, on fait bien d'adopter les châssis français ou de *mille pièces*, ainsi nommés parce qu'au moyen de plaques et d'équerres en fonte, on peut former des capacités de toute grandeur.

Ces châssis qui sont de préférence, usités dans les fonderies de deuxième fusion où la fonte coûte trop cher, pour qu'on la dépense à créer des séries de châssis de toutes dimensions, ne présentent pas les mêmes avantages que les parties quadrillées et d'une seule pièce, parce qu'ils sont toujours moins solides et parce qu'ils retiennent mal les sables qu'on est obligé de soutenir par un grand nombre de feuillards (fig. 29) accrochés aux barres transversales qui consolident les assemblages de plaques et d'équerres. — Cependant, nous ne devons pas nier que ces châssis puissent être utiles dans un grand nombre de cas et offrir une grande économie au maître de fonderie. On fait des plaques de 0,108, de 0,162, de 0,216 de hauteur; les longueurs sont plus variées, mais les plus ordinaires sont 0,50 et 1 m. — Les plaques de raccordement qui joignent les équerres avec les plaques de côtés, ont habituellement 0,20 de largeur. — La fig. 30 pl. 10, représente une plaque de côté; la fig. 31 des plaques de ralonge avec et sans embouchure; la fig. 32 une plaque de raccordement; la fig. 33 une équerre; enfin la fig. 34 un châssis monté. — On conçoit qu'il est facile de faire des équerres dont les angles sont d'ouvertures différentes et permettent de disposer des châssis à 6 pans, à 8 pans, à 12 pans, etc., etc.

469. — Pour les petites pièces, on emploie ordinairement des châssis sans barres, de forme rectangulaire ou octogone. On leur laisse des rebords intérieurs pour qu'ils puissent retenir les sables et on a soin de les disposer de manière à pouvoir mettre ensemble deux parties d'inégale épaisseur, lorsque les objets à mouler l'exigent. — Les séries de petits châssis, s'organisent habituellement ainsi :

	Longueur.	Largeur.	Hauteur des parties épaisses.	Hauteur des parties minces.
Châssis rectangulaires n° 1	0,25	0,18	0,060	0,030
n° 2	0,40	0,30	0,060	0,035
n° 3	0,50	0,40	0,070	0,040
n° 4	0,40	0,30	0,080	0,080
n° 5	0,60	0,40	0,100	0,070
n° 6	0,70	0,50	0,100	0,080

Les 3 derniers n^{os} peuvent être à barres et assemblés par parties de même épaisseur; ils servent de préférence pour le moulage en sable vert. Au dessus des dimensions du n° 6, on emploie des châssis carrés de 0,70, 0,85, 1 m, 1 m 50, 2 m de côté et de 0,10 à 0,25 d'épaisseur. Les châssis dont le côté est plus grand que

2 mètres, sont presque toujours quadrillés et n'ont pas de partie de dessous. On a encore des châssis rectangulaires plus grands que le n° 6 pour le moulage des ornements et des pièces plates ; ils sont disposés comme nous l'avons dit plus haut et leurs dimensions dépendent de celles des pièces. — Les grandeurs que nous indiquons sont celles des châssis de fonds, c'est-à-dire des châssis qui doivent servir à mouler toutes les petites pièces qui se présentent. Nous les donnons dans le but de fixer sur les dimensions les plus usitées, ceux de nos lecteurs qui seraient chargés de l'organisation d'un matériel. — Les châssis octogones qui dans les petites grandeurs, s'emploient de préférence aux châssis carrés, se mesurent par le diamètre de la circonférence inscrite ; on leur donne 0,216, 0,330, 0,400, 0,500 et 0,600 ; leur hauteur varie entre 0,06 et 0,15. — La fig. 35 représente la disposition d'un châssis rectangulaire et la fig. 36 celle d'un châssis octogone.

470. — A l'exception des châssis de marchandise creuse, tous les autres sont faits en fonte et repérés avec des goujons en fer. Quelques petits châssis rectangulaires dans les fonderies de Paris, sont en cuivre avec des têtes en fer forgé, mais bien qu'ils soient de plus de durée, nous les croyons trop coûteux pour devoir être préférés à ceux en fonte. Nous ne devons pas conseiller non plus, les châssis en bois à tête en fer qu'emploient certains fondeurs. Dans le principe, ces châssis offrent, il est vrai, une certaine économie, mais ils donnent rarement un bon moulage et ils brûlent si vite qu'il est bien difficile d'empêcher le métal de fuir par les jonctions, lorsqu'il est versé dans les moules.

471. — Nous aurions un travail long et difficile, si nous voulions détailler toutes les espèces de châssis qui s'emploient dans les fonderies. Comme toutes les autres parties du matériel dont il a été question jusqu'alors, les châssis dépendent beaucoup du goût, de la manière de voir et souvent du caprice de ceux qui les font établir. Quelle que soit leur forme, il est bon de se renfermer dans les conditions suivantes :

1° Faire les châssis solides quoique légers, ce qu'on obtient en leur donnant l'épaisseur strictement nécessaire pour qu'ils puissent résister à la fatigue du moulage. Cette épaisseur qui peut être limitée pour les plus petits à 0,005 ne dépasse rarement 0,025 pour les plus grands.

2° Donner aux parties intérieures qui doivent retenir les sables, toutes les dispositions qu'il est possible d'adopter, par exemple des nervures, des barres, des compartiments, etc., etc., sans gêner les opérations du moulage.

3° Faire en sorte que les châssis à deux, à trois ou à plusieurs pièces (car souvent il est nécessaire de composer les moules de plusieurs assises, lorsque les modèles l'exigent) se repèrent bien les uns sur les autres, de telle manière que les coutures des pièces ne soient pas *variées* par le déplacement de l'un deux. Pour cela, on a soin d'ajuster les goujons avec précision et quelquefois même on les tourne pour qu'ils entrent à frottement dans les parties percées.

4° Donner toute la force nécessaire aux oreilles qui portent les repères et aux poignées qui servent à manœuvrer les châssis, parce que ce sont ces parties qui fatiguent le plus pendant le travail. Dans ce but, on les raccorde par des congés aux faces sur lesquelles elles s'attachent.

472. — *Des lanternes.* — Les lanternes sont des tubes qui servent à soutenir la terre ou le sable qui composent les noyaux de grosses dimensions. On les fait de toutes les formes, suivant la disposition des noyaux, mais celles qu'on retrouve le plus souvent dans les fonderies, sont cylindriques ou coniques. Elles sont montées sur des tourillons (fig. 37) et elles sont percées d'une certaine quantité de petits trous pour laisser échapper les gaz qui se produisent au moment de la coulée. On a soin ordinairement de donner aux lanternes, une forme un peu conique, quand bien même elles sont destinées à supporter des noyaux cylindriques, parce qu'il est plus facile de les retirer quand les pièces sont coulées.

L'épaisseur des lanternes varie ordinairement entre 0,015 et 0,025 suivant leur diamètre et leur longueur. On leur donne le plus gros diamètre possible, en se ménageant toutefois assez de place pour qu'on puisse les garnir d'une ou deux épaisseurs de *cordes* ou *torches* en foin filé ou en paille tressée, et d'environ 0,030 à 0,050 de terre, avant qu'elles n'atteignent les dimensions exigées pour les noyaux. — Lorsqu'elles doivent servir pour des noyaux qui ne sont pas faits sur le tour et qui sont foulés en sable dans des boîtes, on peut supprimer les croisillons et éviter de les garnir de torches. La différence de leur grosseur avec celle des noyaux, peut alors aller jusqu'à 0,25 ou 0,30 sur le rayon.

Quand les noyaux cylindriques sont d'un trop grand diamètre pour être mis sur le tour, on les tourne sur deux tréteaux dont les coussinets reçoivent les tourillons des lanternes.

473. — *Des axes.* — Si les noyaux sont d'un trop petit diamètre, on remplace les lanternes creuses, par des axes pleins en fer ou en fonte. Les axes pour les noyaux ronds portent des collets qui servent à les placer sur le tour (fig. 38); mais si on se sert de boîtes, il n'est pas nécessaire de conserver ces collets et les axes se composent tout simplement d'une barre de la longueur des noyaux. Afin de conserver un passage à l'air, on peut ménager dans toute la longueur des axes, des rainures qui reçoivent des vergettes en fer qu'on retire avant de sortir le noyau de sa boîte et qui laissent des vides par lesquels s'échappent les gaz.

Ainsi est disposé l'axe que représente la fig. 39. C'est de cette manière que sont faits les arbres des noyaux de tuyaux de conduite et de descente, lesquels sont préparés en sable non séché dans des coquilles cylindriques qui se repèrent au moyen de goujons et qui sont maintenues serrées par des crochets ou par des clavettes. Les arbres de tuyaux coudés se démontent en deux parties vissées l'une sur l'autre (fig. 40); il en est de même des axes de tuyaux d'embranchement et de ceux de toutes les pièces dont la forme intérieure présenterait trop de contours pour que ces axes puissent se retirer après la coulée, par un seul orifice.

475. — *Des armatures.* — Les noyaux irréguliers pour lesquels on n'emploie pas de lanternes, ni d'axes, sont consolidés par des carcasses en fer ou en fonte qui prennent le nom d'*armatures.* — La forme de ces carcasses dépend de celle des noyaux; elle représente pour ainsi dire le squelette de ceux-ci.

On fait aussi des armatures qui servent à remplacer les feuillards et à enlever des masses de sable qui doivent se trouver dans la partie supérieure des moules; ces armatures prennent la forme autant que possible, des masses qu'elles ont à soulever; elles se composent le plus ordinairement de plaques en fonte dans lesquelles sont noyés des anneaux ou des tirants en fer. Ainsi, l'armature d'une chaudière qu'on voudrait couler avec le noyau suspendu pour en obtenir le fond plus sain, serait formée d'une couronne en fonte suspendue par trois ou quatre tiges en fer, au châssis du dessus devenu alors partie à noyau. — L'armature destinée à enlever le sable compris entre deux des bras d'une roue d'engrenage, prendrait la forme que donnerait le secteur vide existant entre ces deux bras, etc., etc.

476. — Les formes et les dimensions des armatures sont presqu'aussi nombreuses que celles des châssis, puisque comme celles-ci, elles dépendent de la nature des pièces à couler. — On peut encore ranger dans la catégorie des armatures, les couronnes pour monter les moules en terre qui se font à la trousse, les plaques pour calibrer les noyaux, les carcasses pour consolider les pièces de rapport, lorsqu'elles sont d'un grand volume, les supports pour maintenir les chapes des gros moules en terre de pièces irrégulières, etc., etc. Les formes de tous ces objets ne sont données que par l'habitude et sur la vue des modèles à mettre en moulage. Il faudrait pour essayer d'en donner une idée complète, passer en revue toutes les pièces qui peuvent être commandées dans une fonderie, ce qui incontestablement nous mènerait beaucoup trop loin.

MODÈLES.

477. — *Des modèles en général.* — Tous les modèles qu'on trouve dans chaque fonderie ne font pas partie de l'inventaire du fondeur. Ils lui sont adressés pour la plupart par ses commettants, et il ne les conserve qu'à titre de dépôt.

Cependant, il est peu de fonderies aujourd'hui qui n'aient en propriété quelques collections de modèles, dont le choix a pour but d'attirer la clientelle qui ne fait pas un emploi ordinaire et spécial des objets coulés et qui par conséquent achète de préférence dans les usines où elle sait devoir trouver les pièces qui lui conviennent. Depuis quelques années, le besoin des modèles est devenu si grand, que plusieurs maîtres de fonderies ont cru convenable de consacrer à cette partie du matériel, des sommes considérables. Nous pourrions à l'appui de cette assertion, citer des établissements dont les collections de modèles représentent une

30

valeur de 100 à 150 mille francs (1). On ne s'est pas contenté dans ces usines, de joindre au mobilier ordinaire des modèles de pièces de vaisselle, de poêlerie, etc., etc., un choix nombreux d'ornements méplats et en relief, mais on a voulu conserver à la disposition des constructeurs de machines (partie importante de la clientelle des fonderies) des séries complètes de roues d'engrenage droites et coniques, de paliers, de poulies, etc., etc.

Quoique nous parlions là, d'usines placées dans des positions exceptionnelles, nous croyons utile de donner à nos lecteurs, tous les renseignements nécessaires à la combinaison et à la confection des modèles soit en bois, soit en métaux qu'on trouve journellement dans les fonderies.

478. — On entend par *dépouille*, un certain évasement donné aux modèles pour faciliter leur sortie du sable. Les modèles à double face symétrique ont deux évasements qui se rencontrent à leur plus grande base et qui servent à donner dans chacune des deux parties de châssis qui ont servi au moulage, l'empreinte d'une moitié de ces modèles. Il est bien difficile d'établir des règles fixes pour la dépouille qui dépend principalement de la forme des objets (2); mais bien qu'on ait l'habitude, comme nous l'expliquerons plus loin, d'ébranler (3) les modèles dans le sable pour les aider à en sortir, il est nécessaire de leur donner à tous, dans le sens où ils doivent se démouler, l'évasement dont nous avons parlé. — A la rigueur, un modèle qui serait parfaitement d'équerre devrait sans difficulté se tirer du sable, mais si ce modèle est en bois, ses pores se gonflent à l'humidité du moule contre les parois duquel ils glissent difficilement; et si au contraire, il est en métal, il s'oxide et d'ailleurs s'ébranle avec peine, ce qui le rend d'un démoulage à la fois fatigant et peu sûr. Il est donc toujours peu convenable de ne donner aucune dépouille aux modèles; et les modeleurs ne se dispensent de ce soin, que pour les objets de dimensions peu considérables, dont on ne veut pas perdre les formes. Au reste, les modèles sortent d'autant plus facilement du sable que celui-ci a été moins tassé, qu'ils y ont moins séjourné et qu'ils y sont enfoncés moins profondément. C'est encore à ces causes, qu'est soumise la dépouille; et, lorsqu'elle est donnée avec soin, elle ne nuit ni à la grâce, ni à la forme des modèles. — Pour fixer sur les proportions à adopter en pareil cas, nous

(1) Nous parlons principalement des hauts fourneaux qui fabriquent chaque année des quantités considérables de fontes moulées.

(2) Beaucoup de pièces ont par leur forme une dépouille toute naturelle.

(3) Le vocabulaire des fonderies n'est pas toujours strictement emprunté à celui de l'Académie; ainsi l'action d'ébranler les modèles dans le sable s'appelle souvent *decocher;* comme on entend aussi par *décocher* ou *démouler* le travail qui consiste à casser les moules après la fonte. Le dernier terme s'emploie aussi en parlant d'un modèle à retirer du sable.

dirons que pour mouler une pièce cubique de 0,30 de côté par exemple, il suffirait de donner au côté de la base supérieure environ 0,302.

479. — Lorsque l'évasement, au lieu d'être disposé dans le sens du démoulage d'un modèle, est placé en sens inverse, il y a *contre-dépouille*, et le moulage est difficilement praticable si l'on n'emploie le travail en pièces de rapport, ou si le modèle ne se démonte pas en plusieurs morceaux réunis par une clef qui s'enlève d'abord pour faciliter la retraite de chacun d'eux. On conçoit, d'après ces explications et celles qui précèdent, que l'ouvrier modeleur doit être un peu mouleur et que l'ouvrier mouleur doit être un peu modeleur, ou enfin que le chef de fonderie connaisse l'une et l'autre de ces deux industries, si l'on veut disposer de modèles bien entendus.

480. — *Modèles en bois.* — Le travail du menuisier modeleur est tout à fait en dehors des autres travaux de la menuiserie. On n'emploie les assemblages que pour les modèles que l'on doit mouler souvent et qui pour cette raison demandent une grande solidité. Les modèles en bois doivent être solidement retenus avec des vis ou des pointes et on doit éviter autant que possible l'emploi de la colle.

481. — Les bois mis en œuvre pour la confection des modèles doivent être parfaitement secs. Le moulage devient à la fois d'une exécution plus difficile et d'une réussite plus incertaine, lorsqu'on a employé des bois verts qui se gauchissent à l'humidité du sable. — Le sapin du nord qui se polit bien et qui offre une surface savonneuse, est très-convenable pour tous les grands modèles de pièces longues, larges et plates, telles que les plaques, les bâtis, etc., etc. Si l'on craint qu'il offre peu de solidité, on le maintient avec des assemblages ou des traverses en chêne. — Le chêne est utile pour la confection des modèles massifs, à contours renouvelés et arrondis. Bien qu'il se gonfle facilement dans le sable, il glisse mieux dans les surfaces coupées debout que ne glisserait le sapin (1). — Le noyer employé très-sec serait plus propre aux modèles que le sapin et le chêne, mais il devient coûteux de l'utiliser en gros morceaux; aussi s'en sert-on de préférence pour les petits modèles de formes délicates, pour les objets sculptés, etc. — Le hêtre, le charme, le poirier, le cormier, enfin tous les bois qui se travaillent bien et qui ne sont pas caverneux, peuvent être choisis par le modeleur, principalement pour les pièces peu considérables et pour les objets de tour (2).

(1) On a l'habitude, pour les modèles en sapin surtout, de brûler au moyen d'un fer rouge, les parties coupées à contre-fil. De cette manière, on obtient des surfaces plus lisses et qui se tirent mieux du sable.

(2) Pour remplir les trous que laissent dans les modèles, les têtes des pointes, lorsqu'elles sont enfoncées, ou les défauts qui peuvent se trouver dans le bois, choses qui donnent parfois des inéga-

482. — Les modèles en bois sont variés à l'infini; nous ne pourrions sans sortir des limites de notre ouvrage, expliquer complètement le travail du menuisier modeleur. Cependant, nous devons faire remarquer que la dépouille étant bien observée, les différentes parties des modèles étant démontées comme elles le nécessitent quelquefois pour les besoins des mouleurs, le choix des bois étant fait, tout ouvrier menuisier intelligent et ayant la connaissance du dessin est en état d'exécuter tous les modèles dont les tracés lui sont remis. Il ne faut pas qu'il néglige d'ajouter aux côtes de ces tracés, les quantités nécessaires pour annuler l'effet du retrait des différents métaux à couler. Nous avons donné dans notre première partie, les proportions de ces retraits. — Il ne doit pas oublier non plus, de renforcer les modèles dans tous les endroits où ils doivent être allésés, tournés ou limés. La forme des modèles et le travail à y faire, déterminent les quantités à ajouter en pareil cas. Cependant, on se borne ordinairement à diminuer le rayon des trous à allèser de 0,004 à 0,006, et à augmenter d'une quantité à peu près semblable les parties à tourner ou à buriner. Il suffit pour les objets en cuivre qui doivent être ajustés à la lime, de laisser 0,001 m à 0,002 m.

483. — Lorsqu'un modèle en bois, d'une certaine étendue, est trop mince ou trop flexible pour résister convenablement au moulage, on le consolide avec des *nervures* ou *côtes* qui le maintiennent dans le sens où il serait le plus disposé à céder; ces nervures lorsqu'elles sont inutiles dans la pièce en fonte, sont bouchées dans le sable, par l'ouvrier mouleur, après qu'il a eu démoulé son modèle. Il arrive souvent que, dans le même but qui les a fait disposer aux modèles en bois, on laisse les nervures dans les objets coulés. On trouve toujours moyen, pour un grand nombre de pièces, d'augmenter la force au moyen des côtes, quoiqu'en diminuant l'épaisseur. L'habitude de bien disposer les nervures, est de la plus haute utilité pour le constructeur de machines qui, dans bien des circonstances, doit trouver à en faire son profit.

484.—La plupart des pièces à couler, celles de mécanique surtout, sont percées à différents endroits. Les *noyaux* ou masses de sable et de terre destinées à former les trous, doivent être représentées sur les modèles par des *portées* qui déterminent leur position et le plus souvent leur forme et leurs dimensions. Ces portées sont mises en dépouille et clouées presque toujours sur les modèles; lorsqu'elles se rencontrent sur les faces qui doivent se trouver placées verticalement dans les moules, on les conduit (afin d'éviter les pièces battues, lorsque cela est possible)

---

lités sur les parois des moules, et qui nuisent à la netteté des pièces, les modeleurs se servent d'un mastic composé d'environ 0,50 de résine, 0,40 de blanc d'Espagne, 0,07 de suif et 0,03 de cire jaune. Pour qu'il se coupe plus facilement et pour qu'il soit plus glissant, on y ajoute quelquefois 0.50 à 0,60 de poix de Bourgogne.

jusqu'au niveau des arêtes supérieures du modèle, de telle sorte que si elles sont circulaires, elles forment un évasement terminé à sa partie inférieure qui est la plus petite, par une 1/2 circonférence, et si elles sont carrées ou rectangulaires elles présentent un trapèze dont la plus petite base est en bas. — Lorsque les noyaux sont placés, les ouvriers rebouchent avec du sable, les vides devenus inutiles.

La saillie des portées sur les modèles dépend des dimensions de ceux-ci et de la grosseur des noyaux. Il serait mauvais malgré cela, de lui donner moins d'un centimètre quel que soit le modèle. Si les noyaux ne doivent pas traverser les pièces et être soutenus des deux côtés, il est bon de leur donner des portées qui par leur longueur permettent de les assujétir solidement, en leur servant de contre-poids.

Outre les portées pour les noyaux, on laisse encore quelquefois aux modèles, des sur-épaisseurs qui viennent à la fonte et que les constructeurs nomment portées d'ajustement, parce qu'elles servent en effet à réunir les pièces, les unes aux autres, d'une manière à la fois solide et expéditive, en évitant de dresser au tour ou à la lime de trop grandes surfaces. Ces portées se trouvent quelquefois par la disposition des modèles, placées de telle sorte quelles pourraient être d'un démoulage difficile et nécessiter des pièces de rapport; on les ajuste alors à coulisses, à goujons ou avec des vis que le mouleur a soin d'enlever avant de serrer entièrement le sable autour du modèle. Par suite de cette précaution, les portées demeurent dans le moule quand le modèle est enlevé, et on les retire en leur faisant prendre la direction qui leur convient. — On pratique souvent des divisions de cette nature dans la confection des modèles et on arrive ainsi à simplifier considérablement le travail du moulage. Il nous suffira de citer pour exemple, le modèle d'une poulie, qui est coupé par le milieu de la gorge suivant un plan perpendiculaire à l'axe du moyeu et qui se moule en trois parties, celle du milieu comprenant toute la gorge et chacune des deux autres, une des faces.

485. — Il nous reste à parler des boîtes à noyaux. Cette partie du travail du modeleur n'est pas la moins importante.

Les boîtes destinées à la confection des noyaux réguliers présentent peu de difficultés. Elles se divisent pour les noyaux circulaires par un plan qui passe par l'axe et qui est perpendiculaire aux bases. Pour les noyaux à bases carrées ou rectangulaires, le plan qui coupe est mené suivant la diagonale d'une des bases, afin de profiter de la dépouille que cette disposition présente naturellement. Nous supposons dans les deux cas que nous venons de citer, que les bases sont parallèles et les noyaux droits.— S'il en est autrement, les boîtes demandent plus de soin; on les divise encore en deux coquilles qui se repèrent l'une sur l'autre au moyen de goujons, si les noyaux sont de forme régulière, et on les compose de plusieurs pièces assemblées avec des vis et pouvant se retirer en différents

sens, si ces derniers présentent des irrégularités telles qu'on ne puisse les sortir sans ces précautions. — Au reste, il est bien des cas où l'on se dispense de faire confectionner des boîtes à noyaux, dont on ne fait la dépense que pour des pièces dont le moulage se renouvelle souvent et qui ne sont pas de dimensions trop grandes. Nous reviendrons plus amplement sur cet article, au chapitre concernant le moulage.

486. — Pour que toutes les explications qui précèdent soient plus facilement comprises, nous avons cru devoir dessiner la pièce représentée par la fig. 41, pl. 10 où l'on retrouve : 1° la dépouille indiquée par la différence de la ligne *aa* sur celle *bb*; 2° les nervures mobiles *c* et *d*; 3° les nervures à demeure *e* et *f*; 4° les portées des noyaux *m n o p*; 5° la portée d'ajustement *x*.

487. — *Modèles en métal.* — On ne fait en métal que les modèles des objets destinés à être moulés un grand nombre de fois, par exemple, les pièces de vaisselle, les ornements plats et en relief, les statuettes, les petits engrenages et les petites pièces de filature, etc., etc. — On comprend qu'il serait tout à fait impossible de faire les premiers en bois et que les seconds ne donneraient pas des empreintes assez nettes et ne pourraient pas d'ailleurs supporter la fatigue d'un moulage souvent répété. On emploie le cuivre, le zinc, un mélange de plomb et d'étain pour les modèles de peu de volume, mais la dépense serait trop grande pour des objets importants et on se contente de les couler en fonte lorsque le bois ne suffit pas. Dans tous les cas, à l'exception des modèles réguliers qui se moulent au trousseau soit en terre, soit en sable, les modèles primitifs ou *maîtres-modèles* sont exécutés le plus souvent en bois, quelquefois en plâtre, en cire ou en terre cuite. On a toujours soin alors, d'augmenter leurs dimensions de manière à prévenir un double retrait, celui des maîtres-modèles d'abord, puis celui des pièces.

Le plâtre est employé de préférence pour les modèles sculptés ayant un certain relief; il se coupe mieux que le bois et présente par conséquent des angles plus vifs auxquels on donne la dureté nécessaire pour résister au moulage, en les enduisant d'une couche d'huile siccative; il n'a pas non plus l'inconvénient de laisser la trace des pores, qui nuit toujours à la netteté des surfaces. — Lorsque les modèles en plâtre sont d'un grand volume, on les fait creux, on les remplit à l'intérieur de moëllons et de débris d'anciens modèles, ou bien encore on les coule sur des pots en terre cuite qui offrent une grande solidité quand ils sont réunis et scellés par le plâtre. Au reste, il est souvent facile de se dispenser de faire les modèles en entier (1), surtout lorsqu'ils doivent

(1) Pour un modèle de bassin ou de soubassement par exemple, on peut quelquefois se contenter de faire exécuter un quart ou un sixième de la pièce. Puis, on dispose les châssis de manière à pouvoir mouler successivement chaque quart ou chaque sixième, en faisant faire au modèle une conversion entière autour de son axe.

servir de types et être coulés en métal. Ainsi, on économise beaucoup les frais de sculpture, si l'on coule en deux parties un modèle de candelabre, de balustre ou de pilastre dont les moitiés sont symétriques, en trois, quatre, cinq et quelquefois six parties un modèle de balcon, de panneau, de tympan, etc., etc., dont l'ornement offre des motifs qui se répètent plusieurs fois. Toutes ces parties coulées séparément sont réunies par la soudure ou par des goupilles, et on les conserve comme maîtres-modèles, après s'en être servi pour obtenir des modèles plus solides.

488. — Dans bien des fonderies aujourd'hui, on ne trouve plus que des modèles de statuettes et quelques types de modèles d'ornements qui sont en cuivre; la fonte de fer, lorsqu'elle est douce, se répare bien à la lime et au matoir; et, quand le premier moulage est fait avec soin, elle présente une surface plus unie que tout autre métal. On la choisit donc de préférence, même dans les hauts-fourneaux, pour tous les modèles de poterie et d'ornements. — Les maîtres-modèles de marmites, de coquelles, de poëles, de vases, etc., etc., sont ordinairement coulés en cuivre ou en un mélange de plomb et d'étain dont nous avons donné la composition (n° 21, § 438); on les conserve avec soin, afin de les retrouver lorsqu'un des modèles en fonte est cassé, ce qui serait difficile si on les laissait entre les mains des mouleurs. — Les maîtres-modèles de grandes chaudières, de fourneaux, de grandes marmites, etc., etc., qui se font à la trousse, peuvent être coulés de suite en fonte (1). — Pour que les modèles en fonte n'adhèrent pas au sable pendant le moulage, on a l'habitude de les passer à la cire, qu'on laisse brûler à leur surface, en les maintenant au-dessus d'un feu vif, jusqu'à ce qu'ils aient atteint une couleur noire ou d'un brun foncé. On peut encore après cette opération, les frotter avec de la plombagine.

489. — *Données sur quelques modèles de fabrication habituelle.* — Nous avons réuni dans les tableaux qui suivent, les dimensions et les poids de différents modèles de la vente la plus courante. Ces données sont choisies parmi celles qui sont reconnues comme des plus convenables par le commerce; elles subissent, du reste, de légères variations, suivant la fantaisie ou les habitudes des acheteurs, circonstance qui se déduit naturellement de la position des lieux d'écoulement. Cependant, on peut compter sur leur exactitude pour la vente de Paris surtout,

(1) Lorsqu'il s'agit de modèles de formes régulières, il est plus avantageux de les mouler en terre à la trousse et de les couler, que d'employer des métaux laminés. Quoique le premier procédé soit peut-être un peu plus coûteux, on y gagne comme solidité et comme exactitude. Les ouvriers chargés de tourner ces modèles, se servent d'un compas d'épaisseur dont une des branches est droite pour se placer à l'intérieur et dont l'autre est assez recourbée pour qu'elle puisse se présenter partout à l'extérieur sans être arrêtée par les saillies ou les contours des modèles.

et elles peuvent servir utilement aux chefs d'usines, en les mettant sur la voie des données fondamentales qui servent de base à cette partie du matériel (1).

490. — *Coquelles et casserolles* (2). — Les dimensions et les poids de ces ustensiles varient peu, qu'ils soient faits à pieds ou sans pieds, à anses ou avec des queues.

N°s	DIAMÈTRE.	PROFONDEUR.	POIDS.	N°s	DIAMÈTRE.	PROFONDEUR.	POIDS.
1	0,100	0,044	0,60 k°s	7	0,202	0,085	3 » k°s
2	0,117	0,051	1 »	8	0,211	0,092	3,50
3	0,138	0,055	1,50	9	0,225	0,100	4 »
4	0,154	0,060	1,75	10	0,230	0,104	4,50
5	0,177	0,072	2,10	12	0,250	0,108	5,30
6	0,188	0,076	2,50	15	0,188	0,118	6,75

491. — *Coquelles ovales* — On ne fabrique habituellement que les quatre n°s suivants :

N°s	Longueur	largeur	profondeur	poids
10	0,225	0,160	0,085	4 kilog. ».
12	0,245	0,188	0,090	4 — 50.
15	0,255	0,215	0,112	5 — 80.
18	0,295	0,225	1,115	6 — 50.

492. — *Daubières.* — On ne fait pas de n°s plus petits que le n° 16.

N°s	Longueur	largeur	profondeur	poids
16	0,280	0,200	0,115	7 kilog. 25.
18	0,290	0,210	0,118	8 — 25.
20	0,300	0,215	0,122	9 — 25.
25	0,310	0,225	0,125	10 — 50.
30	0,325	0,245	0,134	12 — 50.
35	0,325	0,255	0,142	15 — »
40	0,360	0,280	0,150	17 — 50.

493. — *Tartières.* — On ne fabrique ordinairement que quatre ou cinq n°s; voici les dimensions et les poids des deux principaux :

N°s	DIAMÈTRE.	PROFONDEUR.	POIDS.	N°s	DIAMÈTRE.	PROFONDEUR.	POIDS.
18	0,330	0,035	7 kil.	30	0,375	0,055	11 kil.

(1) On a vendu longtemps toutes les pièces de poterie, autrement dit la *marchandise creuse*, aux mille *points*, c'est-à-dire aux 900 livres, le point étant égal à la livre moins 1/10e. Quoique plusieurs usines aient pris l'habitude aujourd'hui de coter ces objets par mille kilogrammes, l'ancien système a prévalu chez bien des marchands. Par cette raison, nous avons cru devoir attribuer à certaines pièces, la quotité de points qu'elles représentent. On verra cependant que les chiffres reçus par le commerce pour la valeur en points de chaque objet ne sont pas toujours dans le rapport des 9/10es du 1/2 kilog. Aujourd'hui plus que jamais, ils sont tellement variables suivant les caprices de la vente, que peu d'usines les cotent de la même manière. — Il serait à désirer que les maîtres de fonderies s'entendissent pour supprimer ce tarif ambigu et le ramener aux conditions de vente des autres objets.

(2) Il est entendu que dans les poids des ustensiles de cuisine, sont compris ceux de leurs couvercles.

494. — *Tourtières.* — Même fabrication que les tartières ; voici les nos les plus en usage :

Nos	Diamètre.	Profondeur.	Poids.	Nos	Diamètre.	Profondeur.	Poids.
10	0,228	0,078	4 kil. 25	20	0,314	0,102	9 kil.
15	0,282	0,095	6 50	25	0,360	0,106	10 50

495. — *Marmites à flancs droits* dites *pots comtois.*

Nos	Diamètre	Profondr	Poids.	Nos	Diamètre	Profondr.	Poids.
1	0,105	0,070	0 kil. 50.	22	0,360	0,230	10 kil. ».
4	0,180	0,140	1 60.	25	0,308	0,240	11 50.
5	0,185	0,145	1 75.	30	0,340	0,260	13 ».
6	0,190	0,145	2 60.	35	0,355	0,270	15 ».
7	0,208	0,150	3 25.	40	0,385	0,285	18 ».
8	0,218	0,155	3 95.	45	0,400	0,295	19 50.
9	0,230	0,167	4 25.	50	0,418	0,308	20 ».
10	0,240	0,180	4 75.	60	0,438	0,320	24 ».
12	0,246	0,182	5 50.	70	0,464	0,330	29 ».
14	0,262	0,190	6 60.	80	0,474	0,345	30 ».
16	0,272	0,196	7 25.	90	0,520	0,355	34 ».
18	0,295	0,208	8 25.	100	0,535	0,378	37 ».
20	0,295	0,224	9 ».				

496. — *Marmites à flancs renflés* dites *pots boudus.*

Nos	Diamètre	Profondr.	Poids.	Nos	Diamètre	Profondr	Poids.
6	0,130	0,100	2 kil. 25.	21	0,285	0,200	8 kil. 75.
7	0,160	0,130	3 ».	25	0,302	0,210	10 ».
8	0,180	0,135	3 25.	30	0,330	0,225	13 25.
9	0,190	0,145	3 75.	40	0,355	0,225	15 25.
10	0,200	0,150	4 25.	50	0,370	0,260	18 50.
11	0,210	0,155	4 50.	60	0,395	0,270	21 25.
12	0,225	0,160	5 25.	70	0,408	0,285	25 25.
15	0,245	0,175	6 75.	90	0,435	0,315	28 ».
18	0,270	0,185	8 25.				

497. — *Chaudrons.*

Nos	Diamètre	Profondr	Poids.	Nos	Diamètre	Profondr	Poids.
5	0,225	0,108	2 kil. ».	20	0,415	0,205	9 kil. 50.
6	0,240	0,120	2 75.	24	0,455	0,225	11 ».
7	0,258	0,128	2 90.	28	0,475	0,236	12 ».
8	0,272	0,135	3 50.	33	0,505	0,240	14 ».
9	0,288	0,145	3 75.	40	0,535	0,260	15 50.
10	0,316	0,158	4 25.	50	0,560	0,280	18 ».
12	0,336	0,165	5 50.	60	0,580	0,300	23 ».
14	0,370	0,180	6 50.	70	0,600	0,315	30 ».
16	0,390	0,188	7 50.				

498. — *Poêles ronds à une marmite.*

Nos	DIAMÈTRE	HAUTr	POIDS	POINTS.
8	0,238	0,305	18 kil.	40
10	0,278	0,335	23	55
12	0,305	0,335	24	60
14	0,335	0,335	37 kil.	65
16	0,360	0,365	42	75

499. — *Poêles ovales à une marmite.*

Nos 12	Longueur 0,300;	largeur 0,278;	hauteur 0,258;	poids 20 kilog.	points 40
— 14	— 0,320	— 0,285	— 0,260	— 24	— 50
— 16	— 0,360	— 0,295	— 0,265	— 28	— 60
— 18	— 0,375	— 0,315	— 0,280	— 30	— 70
— 20	— 0,390	— 0,335	— 0,285	— 33	— 80
— 25	— 0,420	— 0,380	— 0,300	— 49	— 90

500. — *Poêles octogones et poêles ovales à deux marmites.* — Les dimensions de ces fourneaux varient comme celles des précédents; elles dépendent pour la largeur et la longueur surtout, du diamètre des marmites qui s'ajustent sur leurs lunettes. La hauteur, quoique dépendant aussi de celle des marmites, ne dépasse que rarement 0,325 pour les plus grands de ces poêles. Voici du reste, quels sont les nos les plus en usage, et pour quelle quantité de points chacun d'eux est vendu.

Poêles ovales — N° 8/10 compte 73 points. — N° 8/12, 75 points. — N° 9/12 85 points. — N° 10/12, 88 points. — N° 10/14, 90 points. — N° 12/14, 98 points. — N° 12/16, 100 points. — N° 16/16, 110 points. — N° 16/20, 120 points. — N° 18/18, 125 points. — N° 18/25, 142 points. — N° 20/20, 142 points.

Poêles octogones. — N° 8/10, compte 65 points. — N° 9/12, 70 points. — N° 10/12, 80 points. — N° 10/14, 82 points. — N° 12/18, 93 points. — N° 14/20, 103 points. — N° 16/20, 105 points. — N° 18/20, 107 points. — N° 18/25, 128 points. — N° 20/25, 130 points. — N° 20/30, 160 points. — N° 25/30, 165 points. — N° 8/12, 69 points. — N° 12/14, 83 points. — N° 12/16, 85 points. — N° 14/18, 95 points. — N° 16/16, 101 points. — N° 18/18, 105 points. — N° 20/20, 125 points. — N° 25/25, 160 points. — N° 30/30, 170 points.

En général, les poêles sont indiqués par les nos des marmites qu'ils reçoivent; ainsi un poêle n° 12 veut dire un poêle avec une marmite n° 12; un poêle n° 20/25 veut dire un poêle avec une marmite n° 20 et une marmite n° 25, etc., etc. Chaque poêle double, par exemple, se compose de 8 pièces, savoir: le fond qui porte les pieds et qui sert d'appui au poêle; le corps de fourneau qui supporte les marmites; les deux marmites avec leurs couvercles; enfin les deux tampons ronds et plats qui servent à recouvrir les orifices où se placent les marmites, lorsqu'on supprime l'usage de celles-ci. On peut se dispenser de faire autant de modèles de poêles doubles qu'il y a de combinaisons de nos; il suffit seulement de changer

le diamètre des lunettes, en conservant le même corps de fourneau, tant que les marmites peuvent s'y loger, ainsi les poêles 8/10, 8/12; 9,12 et même 8/14 peuvent se fabriquer avec le même modèle, les orifices étant seulement changés; il en est de même des poêles 10/12, 10/14, 12/12, etc., etc.

Nous ne parlerons ici que des poêles dont les modèles existent dans la plupart des hauts fourneaux qui fabriquent la poterie; on fait encore un grand nombre de fourneaux, de cheminées et de calorifères dont les modèles qui se rapprochent quelquefois de ceux-ci, sont le plus souvent fournis par les acheteurs eux-mêmes qui leur attribuent les dimensions et les formes qu'ils jugent les plus convenables pour leur débit.

501. — *Constaffes ou marmites de fourneaux.*

Nos	Diamètre	Profondr	Poids.	Nos	Diamètre	Profondr	Poids.
8	0,200	0,168	4 kil. »	16	0,262	0,212	6 kil. 50.
10	0,218	0,188	4 50.	18	0,278	0,222	7 50.
12	0,290	0,194	5 »	20	0,285	0,234	8 »
14	0,252	0.208	5 50.	25	0,300	0,240	10 »

On fait encore des constaffes 30, 35 et 40, mais ces modèles sont peu usités.

502. — *Chenets.* — Les longueurs des modèles de chenets varient suivant la profondeur des cheminées; on fait ordinairement les plus petits modèles de 0,260 de longueur, les plus grands ne dépassant guère 0,450; ces longueurs croissent ordinairement de 0,027 en 0,027m quels que soient les modèles. La hauteur des chenets est rarement moins de 0,050 et elle ne s'élève pas à plus de 0,012 pour les plus grands modèles. — Jusqu'à présent, ces objets se sont vendus au tarif des points, comme la marchandise creuse; la valeur en points de chaque paire de chenets était estimée suivant la longueur en pouces des modèles; ainsi une paire de chenets de 16p de longueur était comptée 16 points. On a pris depuis peu, l'habitude de ramener la vente des chenets aux conditions du tarif en kilog.; il en est de même pour les poêles dans plusieurs localités et il faut espérer que les autres modèles de poterie suivront bientôt la même marche qui devra simplifier considérablement l'écoulement de ces articles.

503.—A l'exception des poêles dont nous avons indiqué la valeur en points, tous les autres modèles dont il a été question jusqu'ici, sont cotés d'après leurs nos, de telle manière, par exemple, que la coquille, la tourtière, la marmite no 10 valent 10 points, le chaudron no 30 vaut 30 points, etc., etc.—On voit d'après cela, que le poids des ustensiles n'est pas toujours en rapport avec la valeur en points; mais on concevra qu'il serait extrêmement difficile d'atteindre pour chaque modèle un poids qui représenterait exactement son no moins 1/10e. — On reconnaîtra aisément par l'examen des chiffres que nous avons cités, que les grandes dimensions sont les plus favorables à la vente parce qu'il est plus facile de les tenir au-dessous de leurs nos que les plus petites, les conditions de fabrication

étant d'ailleurs plus avantageuses pour les premières. Les poids que nous avons indiqués, comme ceux que nous indiquerons encore, sont très variables suivant les soins apportés au moulage, la qualité de la fonte, l'épaisseur des modèles, etc., etc. Nous avons fait en sorte de réunir les moyennes les plus convenables, entre ceux d'un grand nombre de pièces de la vente la plus avantageuse, dans le seul but de les livrer plutôt comme indications utiles que comme données positives.

Nous allons continuer maintenant à donner les dimensions des modèles les plus usités, mais qui sont en dehors de la spécialité que le commerce comprend sous le nom de *marchandises creuses*.

504. — *Chenets à la Rumfort* dits *caffarels*. — Ces chenets qui servent à rétrécir et à exhausser le foyer des cheminées, forment avec la plaque de fond de celles-ci un angle d'environ 120°. On les fabrique ordinairement sur 8 échantillons différents, savoir :

N°	Largeur	Profond^r	Poids.	N°	Largeur	Profond^r	Poids.
1	0,335	0,390	12 kilog.	5	0,475	0,445	20 kilog.
2	0,390	0,445	14	6	0,520	0,445	22
3	0,420	0,445	16	7	0,550	0,530	24
4	0,445	0,445	18	8	0,580	0,530	26

La hauteur de ces chenets est la même pour tous les modèles; elle ne dépasse pas 0,140. On est obligé de disposer deux modèles pour chaque grandeur, l'un à droite et l'autre à gauche. Les poids ci-dessus sont ceux d'une paire de chenets.

505. — *Coquilles à rotir*. — Les modèles les plus courants sont :

N°	Longueur	Hauteur	Profondeur	Poids
1	0,305	0,292	0,095	9 kilog.
2	0,390	0,335	0,100	10
3	0,415	0,362	0,105	11
4	0,445	0,390	0,115	13
5	0,475	0,415	0,125	14

506. — *Réchauds carrés à grilles attachées et à grilles détachées*. — Ces objets ne sont pas numérotés; on les désigne par leur largeur ou côté du carré. Ce côté qui commence à 0,108 environ croît de 0,0135 en 0,0135 jusqu'à 0,233. — Le réchaud 0,108 a de profondeur 0,088 et pèse 1 kilog. 80. — Les suivants sont réglés à peu près dans la même proportion :

Largeur	Profondeur	Poids		Largeur	Profondeur	Poids	
0,1215	0,088	2 kilog.		0,189	0,092	3	75
0,135	0,088	2	30	0,1925	0,092	4	»
0,1485	0,088	2	70	0,206	0,094	4	30
0,162	0,090	3	»	0,2195	0,094	4	70
0,1755	0,090	3	30	0,233	0,095	5	»

Passé ce dernier modèle, si l'on continue la série des réchauds, on augmente le côté du carré de 0,027 en 0,027. — Les *poissonnières* ou réchauds rectangu-

laires suivent pour leurs dimensions et pour leurs poids, une progression du même genre que celle des réchauds carrés, la longueur du plus grand côté dépassant constamment d'environ 2/5me celle du plus petit et le premier modèle de la série commençant à 0.261 sur 0,162.

507. *Grilles rondes pour fourneaux.* — Le diamètre de ces grilles s'accroît le plus souvent de 0,00675 en 0,00675. — Voici les dimensions et les poids des principaux modèles.

Diamètre 0,061	—	poids 0kilog.	20	Diamètre 0,183	—	poids 0kilog.	95
— 0,108	—	0	30	— 0,190	—	1	10
— 0,115	—	0	35	— 0,197	—	1	20
— 0,122	—	0	40	— 0,204	—	1	30
— 0,129	—	0	45	— 0,211	—	1	40
— 0,135	—	0	50	— 0,216	—	1	50
— 0,142	—	0	60	— 0,230	—	1	75
— 0,149	—	0	65	— 0,243	—	2	»
— 0,156	—	0	70	— 0,257	—	2	30
— 0,162	—	0	75	— 0,270	—	2	40
— 0,169	—	0	80	— 0,284	—	2	50
— 0,176	—	0	90				

508. — *Grilles rectangulaires à pieds.*

Largeur	Longueur	Poids.		Largeur	Longueur	Poids.	
0,135	0,189	2kilog.	»	0,189	0,297	4kilog.	25
0,135	0,216	2	50	0,189	0,325	4	50
0,135	0,243	2	75	0,189	0,352	4	75
0,135	0,270	3	25	0,189	0,380	5	»
0,135	0,297	3	50	0,216	0,270	4	»
0,135	0,325	3	75	0,216	0,325	5	»
0,162	0,143	3	25	0,216	0,352	5	50
0,162	0,189	2	50	0,243	0,297	5	»
0,162	0,270	3	»	0,243	0,352	5	50
0,162	0,297	3	50	0,243	0,379	6	»
0,162	0,325	4	»	0,243	0,433	6	80
0,162	0,352	4	30	0,243	0,500	7	50
0.189	0,270	4	»				

509. — *Grilles à arêtes vives* dites *grilles gratte-pieds.*

Largeur	Longueur	Poids.		Largeur	Longueur	Poids.	
0,225	0,400	8kilog.	»	0,405	0,650	20kilog.	»
0,250	0,500	9	»	0,420	0,750	25	
0,270	0,550	12	»	0,460	0,600	27	
0,325	0,600	15	»				

510. — *Chaudières.* — La série de ces modèles est extrêmement étendue et ne peut même, pas être toujours suffisante pour satisfaire à toutes les demandes qui se présentent. Les fonderies se contentent de conserver quelques-uns des types les plus fréquemment employés; et quand il s'agit de chaudières de dimen-

sions et de formes exceptionnelles, on les moule au trousseau, soit en terre, soit en sable. Voici quelques données sur différents modèles de vente courante :

DIAMÈTRE	PROFOND'	POIDS.	DIAMÈTRE	PROFOND'	POIDS.
0,450	0,285	17 à 18 kilog.	0,650	0,600	55 à 58 kilog.
0,500	0,350	23 à 25	0,700	0,620	58 à 60
0,500	0,390	25 à 28	0,750	0,600	65 à 68
0,575	0,300	30 à 32	0,800	0,620	70 à 72
0,550	0,400	32 à 35	0,900	0,700	90 à 95
0,620	0,475	45 à 48			

511. — *Poulies à gorges*, très-légères. — Le diamètre est pris sur le fond de la gorge.

DIAMÈTRE	ÉPAISSEUR	POIDS.	DIAMÈTRE	ÉPAISSEUR	POIDS.
0,162	0,0270	2 kilog. 50	0,271	0,0450	6 kilog. »
0,190	0,0315	3 50	0,298	0,0495	7 »
0,216	0,0360	4 »	0,325	0,0540	8 »
0,244	0,0405	5 »	0,352	0,0607	10 »

512. — *Vases Médicis.* — Quelquefois on fait ces modèles sans aucun ornement; le plus souvent on met des côtes au culot et des oves ou des raies de cœur au quart de rond qui couronne la tulipe. Les principales grandeurs adoptées sont :

N°s	HAUT'	DIAMÈT' EN HAUT	POIDS.	N°s	HAUT'	DIAMÈT' EN HAUT	POIDS.
1	0,365	0,200	8 à 9 kil.	5	0,600	0,365	30 à 35 kil.
2	0,420	0,230	10 à 12	6	0,700	0,445	50 à 55
3	0,470	0,265	14 à 16	7	0,835	0,500	70 à 75
4	0,550	0,280	20 à 22				

513. — *Plaques et foyers de cheminées.* — L'épaisseur de ces objets ne peut pas être exactement déterminée, parce qu'ils sont coulés ordinairement dans des moules découverts qui se remplissent plus ou moins suivant la température de la fonte, la promptitude de la coulée, etc., etc. Cependant, dans les usines où l'on a l'habitude de cette fabrication, les poids des plaques ne dépassent guères en plus ou en moins, les limites que nous allons indiquer, limites qui sont d'ailleurs reconnues par les acheteurs.

LONG'.	LARG'.	POIDS.	LONG'.	LARG'.	POIDS.	LONG'.	LARG'.	POIDS	LONG'.	LARG'.	POIDS	LONG'.	LARG'.	POIDS.
mèt.	mèt.	kilog.	mèt.	mèt.	kilog.	mèt.	mèt.	kilog.	mèt.	mèt.	kilog.	mèt.	mèt.	kilog.
0,375	0,325	9 à 10	0,433	0,433	13 à 15	0,595	0,487	21 à 22	0,730	0,595	37 à 40	0,974	0,487	45 à 46
0,352	0,325	10 à 11	0,487	0,406	14 à 15	0,595	0,541	23 à 24	0,730	0,649	40 à 42	0,974	0,812	70 à 75
0,352	0,352	11 à 12	0,487	0,433	14 à 15	0,595	0,595	27 à 28	0,730	0,730	[illegible]	0,974	0,974	85 à 90
0,379	0,325	11 à 12	0,487	0,487	16 à 17	0,649	0,541	27 à 28	0,812	0,541	38 à 40	1,000	1,000	140 à 150
0,379	0,379	12 à 13	0,541	0,406	15 à 16	0,649	0,595	30 à 32	0,812	0,649	40 à 42	1,000	0,487	60 à 65
0,406	0,379	12 à 14	0,541	0,433	16 à 17	0,649	0,649	33 à 35	0,893	0,487	35 à 38	1,137	0,812	95 à 100
0,406	0,406	13 à 14	0,541	0,487	18 à 19	0,730	0,541	33 à 35	0,758	0,758	47 à 49	1,137	0,974	130 à 140
0,433	0,406	13 à 15	0,541	0,541	19 à 20	0,703	0,703	40 à 42	0,893	0,893	72 à [illegible]	1,137	1,137	170 à 175

514. — *Colonnes pour bâtiments.* — Nous entendons parler des colonnes qui se fabriquent habituellement, suivant les longueurs adoptées par le commerce. Ces colonnes sont coulées pleines et presque toujours en fonte blanche; elles sont d'ordre toscan avec une ou deux astragales, suivant leur longueur; leur diamètre varie de 0,060 à 0,140; on l'augmente en raison de la longueur, afin de diminuer la flexion. — Les colonnes creuses, coulées en fonte grise, ne se font que sur commandes.

Voici les principaux modèles de colonnes massives :

Longueur.		Poids.	Longueur.		Poids.	Longueur.		Poids.	Longueur.		Poids.
2m435	—	112 kil.	2m814	—	133 kil	3m185	—	155 kil	3m571	—	229 kil.
2,490	—	116	2,841	—	136	3,248	—	182	3,734	—	253
2,598	—	120	2,868	—	140	3,329	—	193	3,815	—	260
2,679	—	123	2,923	—	148	3,356	—	196	3,896	—	265
2,706	—	127	3,004	—	151	3,410	—	205			
2,760	—	129	3,031	—	153	3,491	—	215			

515. — *Poids à peser.* — Nous ne parlerons pas des petites séries qui se font en cuivre, parce que les modèles sont toujours faits plus gros qu'il ne convient, afin de laisser de la matière pour le tour. Une ordonnance du roi en date du 16 juin 1839 a fixé les dimensions et les formes des poids à peser. Quelques extraits de cette ordonnance pourront suffire pour donner une idée de la fabrication de ces objets.

« Les poids en fonte de fer de 50 et de 20 kilogrammes, seront établis en forme de pyramide tronquée arrondie sur les angles et ayant pour base un parallélogramme. — Les poids en fonte de fer, jusqu'au demi hectogramme inclusivement, seront établis en forme de pyramide tronquée ayant pour base un hexagone régulier. — Les dénominations qui doivent être indiquées sur la surface supérieure des poids seront placées au-dessus de l'anneau, dans la partie opposée à la rainure destinée à le recevoir. — Pour le poids du demi-kilogramme seulement, qui doit porter la dénomination concordante (5 hect.), on la placera au-dessous de la première et au milieu de l'anneau. — La cavité qui existe sous chaque poids doit être réglée de manière à contenir du plomb en quantité suffisante pour couvrir le lacet et servir à l'ajustage du poids ainsi qu'à l'apposition de la marque du fabricant et de l'empreinte des poinçons de vérification. — Chaque lacet doit être construit solidement en fer forgé. — Chaque anneau doit être en fer forgé rond, soudé à chaud; il faut qu'il soit placé de manière à ne pas dépasser l'arête du poids. »

Dimensions affectées aux poids en fonte de fer.

Dénominations des poids.		Hauteur ou épaisseur.	Base. Longueur.	Base. Largeur.	Face supérieure. Longueur.	Face supérieure. Largeur.	Anneau. Diamètre intérieur.	Anneau. Épaisseur du fer.
Forme rectangulaire.	50 kilog.	0,136	0,318	0,210	0,288	0,181	0,086	0,020
	20 kilog.	0,100	0,245	0,157	0,221	0,133	0,065	0,011

Dénominations des poids.		Hauteur ou épaisseur.	Rayon ou côté de l'hexagone. Base.	Rayon ou côté de l'hexagone. Face supérieure.	Anneau. Diamètre intérieur.	Anneau. Épaisseur du fer.
Forme hexagonale.	10 kilog.	0,082	0,089	0,082	0,063	0,010
	5 kilog.	0,066	0,072	0,066	0,053	0,008
	2 kilog.	0,048	0,053	0,048	0,039	0,006
	1 kilog.	0,039	0,042	0,039	0,031	0,005
	1/2 kilog.	0,031	0,034	0,031	0,024	0,004
	2 hectog.	0,023	0,026	0,023	0,018	0,003
	1 hectog.	0,018	0,020	0,018	0,015	0,0025
	1/2 hectog.	0,014	0,0155	0,014	0,012	0,002

516. — *Tuyaux de descente.* — Un grand nombre de hauts fourneaux ont abandonné aujourd'hui la fabrication de ces objets, parce qu'elle nécessite un matériel de châssis, d'arbres, de boîtes à noyaux et de modèles qui coûte beaucoup trop d'établissement et d'entretien, eu égard au bénéfice qu'elle rapporte. — La longueur des tuyaux de descente dans les gros diamètres jusqu'au diamètre de 0,140 environ, dépasse rarement 1^m; mais au-dessous de cette limite, elle peut atteindre $1^m 10$ à $1^m 20$. Les tuyaux de ces derniers calibres sont alors subdivisés en 1/2 bouts, 1/4 de bouts et 1/8 de bouts, les premiers n'ayant que des 1/2 bouts. Ces dispositions qui sont utiles, pour que dans les bâtiments où on les place les tuyaux de descente puissent faire toutes les longueurs demandées, compliquent extraordinairement cette partie du mobilier. D'autres modèles viennent encore augmenter cette série déjà si nombreuse, ce sont les *coudes* ou *dauphins* de même longueur que les tuyaux, mais recourbés à une extrémité suivant un arc de cercle de 0,08 environ de rayon, les 1/2 *coudes*, les *moignons* ou petits coudes ouverts pour donner aux conduites, les directions qui s'écartent de la perpendiculaire, les *embranchements*, les *culottes*, etc., etc. — Nous nous contenterons de reproduire les dimensions et les poids des modèles les plus en usage :

	Diamètre.	Longueur.	Poids.		Diamètre.	Longueur.	Poids.		Diamètre.	Longueur.	Poids.
	m.	m.	kilos.		m.	m.	kilos.		m.	m.	kilos.
Tuyaux.	0,027	1,15	6, »	Tuyaux.	0,135	1, 15	23	Coudes longs.	0,054	1,15	9 »
	0,041	» »	7,50		0,162	» »	26		0,067	» »	11 »
	0,054	» »	8,50		0,189	0,690	18		0,081	» »	13,50
	0,067	» »	10, »		0,217	» »	23		0,094	» »	16 »
	0,081	» »	12, »		0,244	» »	28		0,108	» »	18 »
	0,094	» »	14,50		0,325	1, 00	45	Culottes.	0,162	0,50	23 »
	0,108	» »	17, »		0,487	» »	75		0,189	» »	32 »
	0,121	» »	21, »						0,217	» »	40 »
									0,244	» »	48 »

517. — *Tuyaux de conduite.* — Cette fabrication est aujourd'hui une des plus importantes dans la plupart des hauts fourneaux en moulage, bien qu'elle soit loin d'être une des plus avantageuses tant à cause de la concurrence extraordinaire qu'elle a soulevée qu'à cause des difficultés de la fonte. Il est difficile de former des séries de modèles de tuyaux de conduite, parce que ces modèles dépendent principalement de l'usage auquel on les destine et de l'exigeance des ingénieurs ou des architectes. — L'épaisseur de ces pièces est calculée suivant la résistance qu'elles doivent offrir et suivant leur diamètre. Leur longueur est extrêmement variable. Les plus petits tuyaux de conduite dont on fait usage n'ont pas moins de 1^{m} de longueur. Voici quelques-unes des dimensions adoptées par les architectes, pour les conduites d'eau; nous les avons choisies parmi celles qui nous étaient demandées le plus souvent par les communes pour lesqu'elles nous avons eu à faire exécuter des fontaines publiques avec conduites en fonte de fer.

Longueur —	Diamètre —	Poids.	Longueur —	Diamètre —	Poids.
1^{m}15 —	0,044 —	9 à 10kilog.	1^{m}50 —	0,130 —	42 à 45kilog.
1^{m}15 —	0,054 —	12 à 13	1^{m}50 —	0,150 —	50 à 55
1^{m}15 —	0,070 —	13 à 17	1^{m}95 —	0,054 —	25 à 26
1^{m}15 —	0,080 —	17 à 21	2^{m}50 —	0,080 —	54 à 55
1^{m}15 —	0,100 —	25 à 27	2^{m}50 —	0,108 —	70 à 72

Ces trois derniers modèles sont encore employés utilement pour les conduites de gaz; ils sont destinés comme les premiers à être essayés à une pression de 8 à 10 atmosphères.

Les tuyaux d'un gros diamètre, tels qu'on les emploie pour les égouts, les aqueducs, etc., etc., n'exigent pas une résistance aussi grande que ceux qui sont destinés à conduire à de longues distances et avec pression, l'eau et le gaz. — Voici les poids qui sont habituellement tolerés. — Longueur 2 m. 50, diamètre 0,50, poids 500 à 530 kilog. avec manchon et 530 à 550 avec brides. — — Longueur 1 m. 85, diamètre 1 m. poids 930 kilog. avec une bride et 970 avec

deux brides. — Longueur 2 m. ; orifice en fer à cheval de 1 m. 35 hauteur sur 2 m. largeur, poids 2,500 kilog. — Si l'on voulait établir une série convenable de modèles de tuyaux de conduite, on pourrait se guider sur le tableau suivant (1) qui donne les poids calculés sur 1 mètre courant, de tuyaux en fonte de fer depuis le diamètre de 0,05 jusqu'à celui de 1 mètre. — Bien que les épaisseurs puissent être quelquefois réduites ou augmentées, suivant la destination des tuyaux et suivant leur longueur, bien qu'il faille avoir égard au supplément de poids occasioné par les manchons, par les collets et par les cordons qu'on ajoute aux modèles pour que les tuyaux se raccordent entr'eux et pour augmenter leur solidité, ce tableau pourra être également utile aux chefs de fonderies et à tous ceux qui s'occupent de constructions :

DIAM. intér.	ÉPAISSr du tuyau.	POIDS d'un m. courant	DIAM. intér.	ÉPAISSr du tuyau.	POIDS d'un m. courant	DIAM. intér.	ÉPAISSr du tuyau.	POIDS d'un m. courant	DIAM. intér.	ÉPAISSr du tuyau.	POIDS d'un m. courant
m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.	m. c.
0,05	0, 01035	14, 46	0,29	0, 01203	82, 27	0,53	0, 01371	168, 79	0,77	0, 01539	273, 65
0,06	0, 01042	16, 91	0,30	0, 01210	85, 50	0,54	0, 01378	172, 62	0,78	0, 01546	278, 40
0,07	0, 01049	19, 12	0,31	0, 01217	88, 78	0,55	0, 01385	176, 70	0,79	0, 01553	283, 24
0,08	0, 01056	21, 01	0,32	0, 01224	92, 07	0,56	0, 01392	180, 90	0,80	0, 01560	288. 06
0,09	0, 01063	24, 22	0,33	0, 01231	95, 41	0,57	0, 01399	185, 00	0,81	0. 01567	292, 96
0,10	0, 01070	26, 83	0,34	0, 01238	98, 78	0,58	0, 01406	189, 11	0,82	0, 01574	297, 87
0,11	0, 01077	29, 45	0,35	0, 01245	102, 18	0,59	0, 01413	193, 29	0,83	0, 01581	302, 84
0,12	0, 01084	32, 11	0,36	0, 01252	105, 60	0,60	0, 01420	197, 47	0,84	0, 01588	307, 81
0,13	0, 01091	34, 81	0,37	0. 01259	109, 11	0,61	0, 01427	201, 65	0,85	0, 01595	312, 71
0,14	0, 01098	37, 53	0,38	0, 01266	112, 57	0,62	0, 01434	206, 08	0,86	0, 01602	317, 76
0,15	0, 01105	40. 29	0,39	0, 01273	116, 10	0,63	0, 01441	210, 23	0,87	0, 01609	322, 80
0,16	0, 01112	43, 08	0,40	0, 01280	119, 64	0,64	0, 01448	214, 92	0,88	0, 01616	327, 92
0,17	0, 01119	45, 91	0,41	0, 01287	123, 24	0,65	0, 01455	219, 06	0,89	0, 01623	333, 00
0,18	0, 01126	48, 76	0,42	0, 01294	126, 84	0,66	0, 01462	223, 34	0,90	0, 01630	338, 22
0,19	0, 01133	51, 65	0,43	0, 01301	130, 53	0,67	0, 01469	227, 67	0,91	0, 01637	343, 34
0,20	0, 01140	54, 56	0,44	0, 01308	134, 12	0,68	0, 01476	232, 21	0,92	0, 01644	348, 60
0,21	0, 01147	57, 52	0,45	0, 01315	137, 94	0,69	0, 01483	236, 68	0,93	0, 01651	353, 86
0,22	0, 01154	60, 50	0,46	0, 01322	141, 60	0,70	0, 01490	241, 22	0,94	0, 01658	359, 06
0,23	0, 01161	63, 51	0,47	0, 01329	145, 37	0,71	0, 01497	245. 70	0,95	0, 01665	364, 40
0,24	0, 01168	66, 54	0,48	0, 01336	149, 10	0,72	0, 01501	250, 30	0,96	0, 01672	369, 72
0,25	0, 01175	69, 63	0,49	0, 01343	150, 98	0,73	0, 01511	254, 91	0,97	0, 01679	375, 12
0,26	0, 01182	72, 75	0,50	0, 01350	156, 97	0,74	0, 01518	259, 52	0,98	0, 01686	380, 53
0,27	0, 01189	75, 89	0,51	0, 01357	160, 86	0,75	0, 01525	264, 21	0,99	0, 01693	386, 01
0,28	0. 01196	79, 06	0,52	0, 01364	164, 82	0,76	0, 01532	268, 80	1 mèt.	0, 01700	391, 39

(1) Ce tableau est extrait du recueil de tables à l'usage des ingénieurs par R. Génieys. Les épaisseurs pour les tuyaux de petit calibre sont un peu plus fortes que celles qu'on leur donne généralement dans la pratique.

Nous compléterons les notes relatives aux tuyaux de conduite, par l'exposé de quelques-unes des données principales adoptées pour les conduites d'eau de la ville de Paris. Ces données se rattacheront essentiellement aux tuyaux à renflement et cordon, les tuyaux à brides ou de raccord n'étant employés que dans la proportion de 1/8ᵉ à 1/10ᵉ de la longueur des files.

LONGUEUR des tuyaux, non compris l'emboîtement.	DIAMÈTRE intérieur du tuyau.	DIAMÈTRE intérieur du renflement.	épaisseur du tuyau.	ÉPAISSEUR du renflement.	PROFONDEUR du renflement.	SAILLIE du bourrelet du bout-mâle.	LARGEUR des cordons ou parties renforcées.	ÉPAISSEUR du tuyau aux cordons.
m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
2, »	0,081	0,1206	0,01135	0,0150	0,12	0,0055	0,08	0,0150
2, »	0,108	0,1497	0,01235	0,0160	0,12	0,0055	0,08	0,0150
2,50	0,135	0,1785	0,01300	0,0170	0,12	0,0060	0,08	0,0170
2,50	0,162	0,2080	0,01400	0,0180	0,15	0,0060	0,08	0,0180
2,50	0,190	0,2390	0,01450	0,0190	0,15	0,0070	0,08	0,0190
2,50	0,216	0,2660	0,01500	0,0200	0,15	0,0070	0,08	0,0200
2,50	0,250	0,3010	0,01500	0,0200	0,15	0,0075	0,08	0,0200
2,50	0,300	0,3560	0,01600	0,0210	0,16	0,0080	0,08	0,0210
2,50	0,325	0,3810	0,01600	0,0210	0,16	0,0080	0,08	0,0210
2,50	0,350	0,4080	0,01700	0,0220	0,17	0,0085	0,08	0,0220
2,50	0,400	0,4600	0,01800	0,0230	0,18	0,0085	0,08	0,0230
2,50	0,500	0,5640	0,02000	0,0250	0,20	0,0085	0,08	0,0250

518. — Les différents modèles dont nous avons parlé jusqu'à présent sont ceux qu'on retrouve le plus fréquemment dans les grandes fonderies; on établit encore des séries de modèles de boîtes de roues, de poids d'horloge, de grilles à brûler la houille, de tuyères de forges, de châssis pour vitraux de couches, pour fenêtres d'églises et d'appartements, de balcons, de panneaux, de balustres, etc., etc., mais ces séries sont moins indispensables que les premières et il serait peu utile que nous nous y arrêtions, ce chapitre ayant déjà, d'ailleurs, dépassé les limites que nous voulions lui donner. Nous nous contenterons de dire quelques mots des modèles d'ornements qui jouissent aujourd'hui de tant de vogue, grâce au choix si varié qu'offrent les usines de MM. André, Ducel, Muel, Calla, etc., etc. Il nous serait difficile de donner des renseignements sur le poids et sur les dimensions de ces objets, sans présenter des dessins qui les fassent reconnaître; et ces dessins seraient si nombreux, quelle que fût la concision apportée dans nos

explications, que nous devons nous borner à renvoyer nos lecteurs aux cahiers que font imprimer les maîtres de fonderies qui se livrent à cette fabrication. Quelques-uns de ces cahiers (celui de M. André entr'autres) sont dessinés avec autant de soin que de bon goût et disposés de manière à donner aux architectes, aux entrepreneurs et aux propriétaires, les renseignements les plus complets sur tous les objets d'ornements qui leur sont nécessaires.

519. — La largeur des balcons et des barres d'appui dépend naturellement de la largeur des fenêtres auxqu'elles ces objets sont fixés. La hauteur qui est moins essentielle, doit cependant être mise en rapport avec la hauteur des fenêtres et avec le niveau du sol des appartements. Pour varier les dimensions, en évitant d'augmenter les modèles qui sont toujours fort coûteux, on entoure les balcons d'un double encadrement garni de frises et de palmettes. En supprimant alternativement une partie des barres et des frises formant l'encadrement extérieur, on parvient à changer les dimensions, sans nuire ni au dessin, ni à la symétrie du modèle. Ainsi, on appelle n° 1 le modèle de balcon entouré de 8 barres, c'est-à-dire de son double encadrement; n° 2, le même modèle moins les deux barres verticales du cadre extérieur; n° 3, le modèle n° 1 moins les deux barres horizontales du cadre extérieur; n° 4, le modèle avec un seul encadrement formé de quatre barres; n° 5, le n° 1 moins celle des barres horizontales du deuxième encadrement, qui se trouve dans le bas du balcon; n° 6, le modèle n° 5 moins les deux barres verticales du cadre extérieur. De cette manière, les modèles n°s 1 et 2 ont la même hauteur, comme entr'eux les modèles n°s 3 et 4, comme aussi les n°s 5 et 6; les modèles n°s 1, 3 et 5 ont la même largeur qui est plus grande que celle des modèles n°s 2, 4 et 6, laquelle se trouve réduite à celle du panneau.

Par des dispositions du même genre, on peut utiliser à plusieurs fins les modèles de panneaux de portes, ceux d'appuis de croisées, ceux d'archivoltes, etc.

Les modèles de balustres, de frises, de rosaces, etc., etc., s'établissent par séries calculées suivant les longueurs. — Les balustres, par exemple, commencent à 0,335 de hauteur et s'augmentent de 0,028 en 0,028 jusqu'à 0,874. Les frises sont faites à la demande des balcons; leur longueur est ordinairement trois à quatre fois plus grande que leur hauteur qui se maintient entre 0,083 et 0,162.

520. — Rien ne pourrait offrir plus de variété que les modèles d'ornements et rien non plus, ne pourrait plus facilement engager le fabricant dans des dépenses considérables, s'il consultait le goût et les demandes de tous ses commettants. Déjà, par la concurrence qui s'est élevée entre les usines qui ont fait de cette fabrication un objet spécial, le prix des fontes ornées a baissé sensiblement en même tems que les caprices de la mode forçaient à créer de nouveaux modèles, double perte qui ne s'arrêtera que par la ruine des usines les plus mal dirigées ou placées dans les conditions les moins favorables, résultat d'autant plus inévitable

que le besoin du changement est aujourd'hui plus pressant que jamais et qu'il n'est possible de le contenter qu'en vendant assez cher à ceux qui en sont possédés, pour que les frais de modèles soient couverts (1).

DU MOULAGE.

521. — L'art du mouleur, proprement dit, n'est qu'une branche de l'art du fondeur. Un ouvrier peut être un excellent mouleur et ne rien entendre aux travaux qu'entraîne la mise en fusion des métaux; de même un fondeur peut diriger ses fourneaux avec toute l'habileté nécessaire et manquer pour cela des notions les plus élémentaires du moulage. Cette distinction entre deux classes d'ouvriers qui se touchent de si près, est souvent un grave inconvénient qui s'oppose à la prospérité des usines. — En principe, le fondeur doit être initié au travail du moulage et pouvoir faire face à toutes les opérations que nécessite la fabrication des objets coulés. C'est surtout dans les établissements de peu d'importance qu'on ressent le besoin de rencontrer des ouvriers à la fois fondeurs et mouleurs; quand bien même d'ailleurs, on voudrait confier la surveillance des fourneaux à des gens spéciaux, n'est-il pas utile qu'un mouleur soit à même d'apprécier la qualité de la matière qu'il emploie, la température qui convient à cette matière pour qu'elle remplisse ses moules d'une manière convenable, le temps qui est nécessaire pour mettre en fusion la quantité de métal dont il a besoin, afin qu'il soit prêt au moment de la coulée, etc., etc. Et quoique dans les ateliers, on distingue habituellement les deux classes dont nous parlons, nous les confondrons souvent dans nos explications, et nous appellerons quelquefois fondeur, l'ouvrier capable à la fois, et de mettre le métal en fusion et de préparer les moules pour le recevoir.

522. — Il est difficile de classer d'une manière bien nette, les différents modes de moulage usités dans les fonderies. — La fabrication des moules se présente

(1) Quand on songe au prix d'un modèle de balcon ou de panneau qui peut quelquefois s'élever jusqu'à 1000 ou 1200 francs avec les frais de dessin, de sculpture, de fonte, de ciselure et d'assemblage, et quand on pense aussi qu'une pièce en fonte, pesant moyennement 20 kilog., se vendra 9 ou 10 francs, on peut juger de la quantité de pièces à fabriquer, avant qu'il soit question de bénéfices. Souvent il arrive qu'un modèle n'est plus de mode, avant qu'on ait vendu assez de pièces pour le payer.

sous tant d'aspects différents, que les procédés à mettre en œuvre se ressentent de cette variété. On pourrait cependant distribuer les opérations du moulage en cinq classes principales, savoir :

1° Le moulage en sable vert ou sable non séché.

2° Le moulage en sable vert séché qui tient le milieu entre le moulage en sable vert et le moulage en sable d'étuve.

3° Le moulage en sable d'étuve.

4° Le moulage en terre.

5° Le moulage en coquilles, ou autrement le moulage qui se pratique au moyen de creux en métal, qui servent plusieurs fois à la coulée.

Nous mettrons à part de ces cinq parties, la fabrication des noyaux qui dans quelques usines est en quelque sorte une spécialité, au moins dans un grand nombre de circonstances.—Ces différentes méthodes sont appliquées indifféremment pour la fonte de fer et pour celle de cuivre; nous allons les examiner d'abord dans le premier cas.

MOULAGE DES OBJETS EN FONTE DE FER.

523. — *Du moulage en sable vert.* — On entend par moules en sable vert, ceux qui reçoivent le métal aussitôt après leur confection, sans qu'il soit nécessaire de les sécher ou de les torréfier pour les mettre en état d'être remplis sans inconvénients. Il y a peu d'années, le moulage en sable vert était encore dans l'enfance; aujourd'hui c'est sans contredit le plus usité. On fait en sable vert, la plus grande partie des pièces de machines, les ornements plats, la vaisselle, et une foule d'autres objets qu'on coulait auparavant en sable d'étuve ou en terre, procédés beaucoup plus lents, plus coûteux et dont tous les avantages étaient de donner des résultats plus certains, mais non plus beaux. Il est du reste un grand nombre de pièces que nos ouvriers réussissent habituellement en sable vert, et qu'il obtiennent par cette méthode, avec une netteté qui dépasse de beaucoup celle qu'on obtiendrait par les autres systèmes.

524. — Les conditions essentielles à remplir pour obtenir un bon moulage en sable vert, sont celles-ci :

Employer des sables de bonne qualité, travaillés avec soin et mouillés à un degré d'humidité convenable.

Serrer les sables de manière qu'ils ne présentent pas assez de dureté pour résister à la pression des doigts, mais de telle sorte cependant, qu'ils offrent assez de solidité pour ne pas s'ébouler au moment de la coulée et pour ne pas céder sous la pression du métal, ce qui donnerait des pièces dont les surfaces seraient inégales et ne ressembleraient pas à celles du modèle.

Avoir soin en foulant les sables qui doivent reproduire les objets qui ont une certaine épaisseur, de donner un peu plus de dureté aux couches destinées à former le fond des moules, afin qu'elles ne souffrent pas plus de la pression du métal que les couches supérieures.

Lier toutes les couches entr'elles, de façon qu'elles offrent des parois uniformément serrées, ou autrement dit éviter la réunion d'endroits mous à côté d'endroits plus durs, ce qui amènerait des bosses à la surface des pièces.

Placer les coulées ou jets destinés à l'introduction du métal dans les moules, de telle sorte que celui-ci ne tombe pas, soit de trop haut, soit avec trop de rapidité sur des parties qui pourraient être facilement endommagées.

Tirer de l'air au moyen des aiguilles à air, sur tous les points où l'on peut atteindre le modèle et même à travers les couches de sable qui l'environnent. — C'est à la multiplicité de tous les petits orifices que laisse dans les moules le passage de l'aiguille à tirer l'air et au peu de compression qu'on donne aux lits de sable, qu'est due la réussite du moulage en sable vert. En effet, des moules serrés fortement et n'ayant ni par les trous d'aiguilles, ni par l'écartement qui existe entre les molécules de couches peu foulées, aucune issue pour l'échappement des gaz qui se produisent au moment de la coulée, ne pourraient conserver la matière qui serait rejettée au dehors par les efforts que feraient ces gaz pour trouver passage à travers les jets et les évents, seuls débouchés qui leur resteraient.

525. — Les sables employés pour le moulage doivent être à la fois un peu argileux et un peu siliceux. On est moins difficile pour le choix des sables destinés à l'étuve que pour celui de ceux qui doivent servir au moulage à vert. Pourvu que le sable d'étuve contienne assez d'argile pour se comprimer solidement, pourvu qu'il soit assez siliceux pour ne pas se gercer au séchage, pourvu enfin qu'il soit assez réfractaire pour ne pas se mettre en vitrification sous le contact du métal liquide, ce qui est à craindre surtout dans les fortes pièces, on peut se servir des sables, des terres, ou d'un mélange de ces deux corps qu'il est rare de ne pas rencontrer dans toutes les localités. Une composition de sable de mauvaise qualité recevra toujours la fonte et donnera des pièces convenables, si on a soin de l'employer sans trop d'humidité, de tirer de l'air dans les moules et de sécher ceux-ci entièrement. Quelquefois, lorsque le sable est trop argileux, on est forcé de le recuire ou de le torréfier, ce qui n'a lieu habituellement du reste, que pour les moules en terre.

526. — Il faut user de plus de précautions, pour le choix des sables qui ne doivent pas être séchés. — Ces sables ne demandent pas à être aussi gras que les sables d'étuve; il leur suffit d'avoir assez de cohésion pour qu'ils ne s'éboulent pas lorsqu'on retire les modèles ou lorsqu'ils reçoivent la matière en fusion. — On emploie rarement les sables neufs, même pour l'étuve, sans y ajouter une certaine

proportion de sables vieux, c'est-à-dire ayant déjà servi au moulage. Cette proportion augmente d'autant plus que les sables neufs sont plus argileux; il est difficile d'arriver à son chiffre exact, si l'on n'agit pas par tâtonnements, lorsqu'on n'a pas l'habitude surtout, de *tâter* les sables et de reconnaître leur qualité à la simple action du toucher, chose à laquelle les fondeurs exercés se trompent rarement.

Pour arriver à connaître par l'expérience, le mélange de sable le plus convenable, on choisit un modèle d'une petite pièce plate et mince, on moule cette pièce autant de fois qu'on a de mélanges à essayer et on remarque ce qui se passe au moment de la coulée dans chacun des moules d'essai. Si la fonte bouillonne et s'agite à la surface des jets, si elle est rejetée hors des moules, ces premiers indices suffisent pour que la qualité du mélange soit reconnue mauvaise. On achève d'ailleurs de s'en convaincre par l'examen des pièces coulées dont la surface doit être nette, sans soufflures, ni dartres, ni reprises que les fondeurs appellent *flous*. On choisit alors le mélange qui a donné les meilleurs résultats et on se hasarde à l'essayer sur des pièces plus importantes. Les proportions adoptées généralement dans nos usines sont celles de 2/5es à 1/5es de sable neuf sur 3/5es à 4/5es de sable vieux pour le moulage à vert et de 1/3 à 1/4 de sable vieux sur 2/3 à 3/4 de sable neuf pour le moulage étuvé.

Suivant la qualité des sables et suivant le volume des modèles, on ajoute au sable vert depuis 1/20e jusqu'à 1/5e de houille broyée et tamisée qui sert à faire décaper les pièces et à favoriser le dégagement des gaz; quelquefois lorsque le mélange est trop gras et lorsqu'on veut mouler des petits objets délicats, on ajoute une petite proportion de poussier de charbon de bois et on supprime le poussier de houille qui tend à rendre la surface des pièces plus dure et plus cassante. — On ajoute aussi un peu de poussier de charbon de terre dans le sable d'étuve, surtout lorsqu'il s'agit de pièces de grandes dimensions; il est quelquefois avantageux pour les pièces d'une grande surface et sujettes à la dartre, de mélanger avec le sable d'étuve 1/12e à 1/15e de crottin de cheval ou de bourre hachée, surtout quand le sable contient beaucoup d'argile.

527. — Les sables mélangés dans les proportions que nous venons d'indiquer, sont séchés à l'avance, puis broyés et passés au tamis; on les mouille ensuite de manière à leur donner un degré d'humidité assez grand pour qu'ils puissent se lier lorsqu'on les serre dans les châssis et pour qu'ils ne s'égrènent pas lorsque les modèles sont retirés. Des sables trop mouillés sont d'un emploi plus facile que des sables un peu secs, parce qu'ils donnent des parois plus nettes et parce que les modèles s'enlèvent plus aisément sans *arrachures*, mais ils provoquent des bouillonnements et quelquefois des explosions à la coulée. — Les mélanges ainsi préparés sont frottés au rouleau sur un fond ou à la machine et on leur donne d'autant plus de corps que les empreintes qu'ils doivent reproduire sont plus

fouillées. Ainsi le sable vert doit être doux, coulant et pour ainsi dire moelleux au toucher, et le sable d'étuve doit être plus apre, plus liant et plus résistant (1).

Ces préparations ne servent qu'à recouvrir les parois des modèles à une épaisseur de 0,01 à 0,02^m. On emploie pour remplir les châssis, des sables tels qu'ils sont amenés aux usines, en ayant soin seulement de les passer à la claie. Lorsqu'ils sont trop argileux, on les mêle avec d'autres sables ayant déjà servi au moulage, et à défaut de ceux-ci avec une certaine proportion de poussier de charbon de bois, de grès ou de sablon.

528. — Il nous serait difficile de donner des renseignements sur le moulage de toutes les pièces qui peuvent se présenter, et cependant, ce ne serait que par une foule d'exemples qu'on pourrait faire comprendre le travail de la moulerie, aux personnes qui n'en ont aucune notion et qui n'ont jamais eu occasion de visiter un atelier de fonderie. Nous devrons nous borner à mettre en relief, les modes de moulage usités pour quelques pièces d'un emploi fréquent dans l'industrie et à déduire de ces applications, les principes généraux qui président au moulage de quelques pièces que ce soit.

Le moule le plus simple est sans contredit celui d'une plaque qui se coule à découvert sans châssis, sur une seule épaisseur de sable qui prend le nom de *couche*. — La couche est ordinairement bordée de deux chantiers parallèles posés bien horizontalement et dans le même plan; on la dresse de niveau en l'unissant au moyen d'une règle qu'on promène à frottement sur les deux chantiers. Cette préparation faite, la surface de la couche est couverte d'une épaisseur de 3 ou 4 cent. de sable frais passé au tamis, le modèle est mis en place, puis enfoncé bien horizontalement, ce dont on s'assure au moyen d'un niveau de maçon. On amasse alors et on serre avec la main, le sable, tout autour du modèle; on dresse avec la truelle les bords du moule, en conservant partout la même hauteur; on creuse la coulée qui est ordinairement très large et peu profonde, afin qu'elle puisse répandre la fonte de la manière la plus instantanée; on pratique dans le sable et sous la pièce, plusieurs rangées de trous d'air et enfin on enlève le modèle après avoir eu soin de l'ébranler dans le sens de la lon-

(1) Nous avons dit qu'on trouvait partout des sables propres au moulage d'étuve; cette assertion est vraie, principalement pour les moules de grosses pièces à contours unis. Mais on ne trouve pas dans toutes les localités, des sables d'un grain assez fin pour rendre avec une netteté parfaite les surfaces des ornements en relief et des statues. Le sable de Fontenay aux roses, près Paris, est sans contredit un des meilleurs qu'on puisse se procurer pour le moulage des objets d'art. Il est fâcheux qu'il ne soit pas assez réfractaire pour qu'il soit aisé d'en former les moules d'objets massifs et qu'il ne soit pas d'un grain assez gros pour servir au moulage en sable vert.

gueur et de la largeur, afin qu'en se tirant il n'emporte pas les bords des parois verticales. Il ne reste plus alors qu'à secouer sur toute la surface du moule, une couche de fleur de poussier et à lisser cette couche au moyen de la truelle.

On peut au besoin mouler une semblable plaque sans qu'il soit nécessaire d'avoir un modèle. Supposons qu'on veuille obtenir de cette manière une plaque de 1 m de largeur sur 0,50 de hauteur. — Lorsque la couche sera nivelée, il faudra poser une équerre suivant une ligne parallèle aux chantiers qui bordent la couche, puis marquer sur l'équerre, d'un côté une longueur de 1 m et de l'autre une longueur de 0,50. On élèvera alors, du sable, sur les deux faces et à la hauteur de l'équerre dont l'épaisseur est ordinairement d'environ 5 ou 6 cent.; cela fait, on tournera l'équerre en différents sens jusqu'à ce qu'on soit parvenu à former les quatre angles et les quatre côtés de la plaque. Le moulage s'achève comme nous venons de l'expliquer. On a soin de faire des dégorgeoirs sur les bords du moule, afin qu'en coulant on ne dépasse pas l'épaisseur qu'on veut donner à la pièce. — Les plaques se coulent avec une grande promptitude au moyen de la poche à levier (fig. 27 pl. 10); il est essentiel que la fonte soit bien chaude si l'on veut les obtenir légères et d'égale épaisseur.—Voir fig. 41 pl. 10 la disposition de moulage et de coulée qui convient à une plaque sur couche.

On coule encore à découvert des marteaux de forges, des enclumes, la plupart des châssis de fonderie, les tourillons d'arbres de moulins, enfin toutes les pièces dont les surfaces supérieures n'ont pas besoin d'être parfaitement unies.

529. — Mais les pièces qui doivent avoir des plans bien lisses ou qui présentent des reliefs sur tous leurs côtés, ne peuvent être faites qu'en les recouvrant d'un châssis qui reproduit l'empreinte exacte des surfaces qui ne font pas partie du moule fait sur la couche. Ainsi sont les engrenages, les volants, les bâtis, les flasques, etc., etc. Si la face supérieure de ces objets est tout à fait unie, on peut éviter la dépense d'un châssis, en la recouvrant de galettes de terre ou de sable, bien dressées et bien ajustées l'une contre l'autre et sur le même plan; on recouvre encore les moules avec une ou plusieurs plaques de fonte, dont le côté en contact avec le métal a été d'avance garni de pointes et recouvert d'une couche de terre bien séchée.

Quand il s'agit de pièces simples, telles que des barreaux de grille, par exemple, dont l'étendue est peu considérable, on fait usage de *châssis brisés*; ces châssis sont faits en bois, à nervures à l'intérieur, mais sans aucune traverse; ils se séparent en deux parties suivant leur longueur, lorsque le moulage a été pratiqué par les moyens ordinaires et lorsque les moules sont fermés pour la coulée. Ils laissent alors sur place, une galette de sable qui s'ajustant parfaitement avec le creux du moule qui est fait dans le sol, permet d'éviter les bavures et les inégalités qui se présentent plus fréquemment, quand les pièces de recouvre-

ment sont faites à part. Les châssis brisés, se consolident au moyen de clavettes, toutes les fois qu'on doit commencer un nouveau moule.

Les moules recouverts n'exigent pas un niveau aussi parfait que les moules à une seule face; on peut faire la partie creuse à tous les endroits de l'atelier où le sable offre une épaisseur suffisante, et il suffit de la repérer avec la partie de dessus au moyen de piquets en bois ou en fer, enfoncés dans le sol. Lorsqu'on peut disposer d'un assez grand nombre de châssis pour éviter de mouler à l'anglaise (1), on place les modèles sur un fond en bois, ou sur une couche battue provisoirement dans la partie qui doit servir de côté de recouvrement; on foule la partie creuse; on retourne le moule en ayant soin d'assujetir les châssis avec des clavettes ou avec des crampons pour qu'ils ne s'ouvrent pas; on enlève le fond ou la couche qu'on débarrasse du sable qu'elle contenait; on dépouille la partie creuse, puis on continue le moulage, comme s'il avait dû être fait à l'anglaise.

Lorsque les pièces ont des parties en saillie qui doivent venir dans le côté du dessus, on fait en sorte que ces parties soient rapportées au modèle, à goujons ou à vis afin qu'elles puissent s'enlever avec le côté. Si cette disposition n'est pas pratiquée, on ébranle les saillies entre deux sables, au moyen d'un ringard très-pointu qui se fixe dans des trous ménagés à la surface du modèle (2), et enfin à défaut de cet expédient qui ne réussit pas toujours et qui d'ailleurs ne suffit quelquefois pas, on bat des pièces de rapport auxquelles on donne toute la dépouille nécessaire pour rester sur le modèle quand la partie du dessus s'enlève, et qu'on retire pour les fixer ensuite à la place désignée par leur empreinte.

530. — Le moulage d'un engrenage à dents de fonte est ordinairement d'une assez grande simplicité; il se complique si les dents doivent être remplacées par des alluchons. Le modèle est alors garni de portées destinées à servir de siége aux noyaux qui formeront les vides où viendront s'ajuster les alluchons. Le moule se fait de la même manière que celui d'une roue à dents de fonte, soit à l'anglaise, soit en deux châssis; on a soin de ménager des issues pour le passage des gaz, sous les rayons, autour de la jante, sur les surfaces horizontales, entre les dents si les vides le permettent, etc., etc. — Lorsque le modèle est retiré et

(1) Lorsque les modèles sont en bois et lorsqu'ils doivent être d'un usage fréquent, on fait bien de les garnir, aux endroits où sont les trous pour ébranler, de plaques de forte tôle fixées par des vis et percées à la même place que les modèles. Ces plaques reçoivent tout le choc du ringard qui de cette manière n'enlève pas le bois par éclats.

(2) On appelle ainsi le moulage de toutes les pièces qui ne nécessitent qu'un châssis mobile, savoir la partie du dessus ou de recouvrement, et dont par conséquent, la principale empreinte se trouve prise dans le sol.

quand le moule est achevé, on met en place tous les noyaux qu'on a eu soin de faire sécher, parce qu'en sable vert, ils n'offriraient pas assez de consistance et ils se placeraient difficilement. Il est bon de ne descendre ces noyaux que peu d'instants avant la coulée, afin qu'ils ne prennent pas la fraîcheur du moule. — Quand les roues à alluchons sont droites, on fait monter les portées jusqu'en haut de la jante afin de n'avoir qu'une surface plane à enlever dans la partie du dessus; et, lorsque les noyaux sont mis en place, on bouche au moyen d'un cintre approprié suivant le rayon du modèle, tous les vides qui subsistent au-dessus des noyaux et qui rendent irrégulière la circonférence extérieure de la roue. On peut se rendre compte de cette opération par la fig. 42 pl. 10 qui représente une portion du moule de la jante d'une roue à lumières, les noyaux étant mis en place : — n, n, n, sont les portées mises seulement à l'extérieur; a, a, a sont les noyaux qui viennent s'appuyer contre la surface verticale intérieure de la jante; b est le vide qui reste au-dessus des noyaux et qu'on remplit, en serrant du sable contre le cintre c qui s'applique sur les parties pleines b', b', b'.

531. — Un ouvrier habile peut faire le moule d'une roue d'engrenage en se servant d'une portion de la jante, d'un seul bras et du moyeu; il lui suffit de mouler à plusieurs reprises ce morceau de modèle, en lui faisant parcourir une circonférence dont il peut retrouver tous les points au moyen d'un compas placé au centre du moyeu. — Il est facile encore de mouler une roue dentée sans modèle, avec le secours seulement de deux boîtes à noyaux. L'une, fig. 43, pl. 10, forme un vide qui représente un sixième ou un huitième de la jante de la roue à mouler; on foule des galettes en sable dans ce vide et on les ajuste ensuite circulairement à l'aide du compas; l'autre, fig. 44, donne un noyau qui représente un des secteurs de la roue, et qui répété autant de fois que cette roue a de bras, puis ajusté aussi au compas suivant une circonférence concentrique avec celles des dents, forme les bras et le moyeu. — Un tel moule se recouvre avec des galettes en terre ou avec une partie de châssis battue sur une surface bien plane.

532. — Les volants peuvent se mouler comme les roues avec des fragments de modèles; il en est de même des poulies. Mais quelle que soit la pièce à mouler, on fait bien, si par exemple on se sert d'un sixième de modèle, de faire cette partie un peu plus grande, afin qu'en moulant le dernier sixième on n'arrive pas trop juste et afin que le modèle ait de l'assise chaque fois qu'on le remet en place pour commencer une nouvelle portion de moulage.

Quelquefois pour faire un volant, on ne se sert que d'un des bras et du moyeu; la couronne se moule à la trousse. Pour cela, après avoir préparé le sable à la pelle et au tamis, on nivelle avec soin la place qui doit servir au moulage, on la dresse et on l'unit à la truelle lorsqu'elle a été foulée de la même manière que si le modèle était en place. On commence alors à trousser la couronne, au moyen

d'un calibre en saillie qu'on fait descendre doucement au fur et à mesure que le sable s'enlève et que la couronne acquiert de la profondeur.

Lorsque le trousseau a rempli son office, on garnit de sable bien foulé, le vide de la jante sur lequel on a eu soin d'abord de secouer du poussier, puis on procède au moulage des bras et on serre la partie de recouvrement.

Quand ces opérations sont terminées, on retire le sable qui a rempli la couronne et qui a servi de modèle, et il ne reste plus qu'à achever le moule par les procédés ordinaires.

Si la coupe de la couronne du volant devait avoir la forme d'un ovale, on creuserait dans le moule au moyen d'une trousse en saillie, la moitié de cet ovale, puis après avoir serré le sable servant provisoirement de modèle, on déterminerait la deuxième moitié de l'ovale, devant venir dans la partie supérieure du moule, au moyen d'une trousse en creux. Les fig. 45 et 46 pl. 10 peuvent suffire pour indiquer ces deux opérations.

533. — Nous n'en finirions pas si nous voulions décrire tous les moyens employés par les mouleurs, pour éviter la dépense des modèles. Il est bien peu de pièces régulières pour le moulage desqu'elles on ne pourrait pas se dispenser au besoin, d'un modèle complet. Cependant, les opérations que nous venons d'examiner, ne sont bonnes à pratiquer que pour des pièces de grandes dimensions et qui ne doivent être moulées qu'une seule fois. Elles ne donnent jamais des résultats aussi exacts et aussi convenables que le moulage sur modèles entiers ; elles entraînent à plus de soins et à plus de frais que les procédés ordinaires, et par ces raisons, on ne les tolère que le plus rarement possible.

534. — Les moules d'objets de cuisine se font tous en sable vert. Il est bon de les serrer un peu plus fort que les moules de pièces de machines, si l'on veut qu'ils ne prennent pas d'épaisseur ; mais il faut craindre cependant de leur donner trop de dureté, parce que les sables refusant la fonte, les pièces ne se feraient pas entièrement. On procède pour mouler les marmites, les coquelles, etc., etc.; comme pour toutes les pièces en deux châssis. — On n'emploie du sable neuf que pour garnir la partie supérieure des noyaux et les environs des jets. Pour faire de la belle poterie, le sable doit être plutôt un peu sec que trop frais, plutôt maigre qu'argileux ; on doit lisser avec soin au poussier, l'intérieur des chapes et la surface des noyaux ; enfin, on ne doit pas négliger de tirer dans chacun de ceux-ci jusqu'au modèle, plusieurs trous d'air, au moyen d'une grosse aiguille.

535. — Après le moulage en fosse, le moulage en deux parties de châssis est le plus simple. Mais les difficultés croissent en raison des formes et des saillies des modèles, et quelquefois on est obligé d'employer l'assistance de plusieurs châssis dont les coupes ne sont pas toujours horizontales et dont quelques-unes se retirent en tiroir suivant un plan vertical, ou bien encore suivant des surfaces gauches qui sont déterminées d'après les contours des pièces.

Pour donner un exemple de moulage à plusieurs châssis, nous allons décrire la méthode ordinairement employée dans les hauts fourneaux pour la confection du moule d'un vase de jardin.

Le modèle d'un vase est décomposé en cinq parties, savoir : la cloche ou tulipe qui comprend la partie *a b c d*; la couronne *o o'* ou autrement dit le quart de rond qui termine le culot; le culot M et enfin le pied P qui se divise en deux parties, suivant la diagonale *v t* (fig. 47 pl. 10). Il résulte de cette disposition que le châssis forme aussi cinq parties dont une, celle qui compose la chape du pied, se divise en deux tiroirs suivant la ligne *r r'*. — Le noyau du vase se fait dans le modèle, en même temps que l'on pratique le moulage de l'extérieur. Le châssis du pied et le châssis supérieur doivent être, lorsqu'ils sont en bois, garnis de clous qui servent à retenir les sables. Le châssis supérieur doit avoir de plus, une barette avec un mamelon hérissé de pointes, qui plonge dans le modèle du pied et qui sert à supporter le noyau (1).

Pour procéder au moulage d'un vase, on posera d'abord la cloche sur la planche à mouler qui prend la partie B du modèle, puis on comprimera la chape jusqu'à la ligne *cd*, en ayant soin de fouler le noyau de la cloche en même temps. On pourra poser de suite sur la chape la couronne c en ayant soin de dépouiller le côté du moule suivant *o o'* et le noyau de la cloche suivant *c d*. Il sera bon ensuite de retourner la chape entre deux fonds, de la dépouiller suivant *a b*, de battre la fausse pièce qui doit faire corps avec le noyau de la cloche et enfin de retourner de nouveau, en consolidant cette fois la partie à noyau sur une garniture de sable mouvant, disposée aussi horizontalement que possible. On pourra alors mettre en place le modèle du culot et le châssis qui doit recevoir l'empreinte de cette portion du vase; on foulera à la fois le noyau et la partie de châssis, en ayant soin d'assurer le premier au moyen d'une armature (fig. 48 pl. 10) dont les trois repères *a a' a''* s'ajustent dans le noyau de la cloche. On aura également soin en mettant en place le modèle du pied, de faire en sorte que sa section corresponde bien à celle de son châssis, puis on foulera le petit noyau compris entre les lignes *g h* et *s u* (fig. 49) et la partie contenant le moule du pied, laquelle on dressera suivant *i k* (fig. 47 et 50) avant de battre le dernier côté du moule.

Lorsque tous les châssis sont foulés, c'est-à-dire lorsque le moule est monté,

---

(1) Quand les châssis sont en fonte, on les dispose à l'intérieur avec des nervures et des rebords qui servent à maintenir les sables. On a du reste l'habitude, pour augmenter l'adhérence de ces derniers contre les châssis, de frotter avant le moulage, les parois intérieures des chappes, avec une bouillie composée de terre glaise ou de sable gras délayé dans l'eau. On trempe encore dans cette même bouillie les feuillards, les crochets et les armatures, qui doivent être employés au moulage. Cette précaution convient mieux que de se borner à les mouiller.

il s'agit de le démouler. — Pour cela, on enlève les deux châssis supérieurs et on ouvre en tiroir les deux parties qui contiennent le modèle du pied. En retirant chaque partie, on doit enlever avec elle une moitié du modèle qu'on démoule dans le sens qui lui est propre, après avoir eu soin de dépouiller suivant la couture du châssis et suivant celle du pied. Lorsqu'on a retiré les modèles et lorsqu'on a lissé au poussier, on réunit de nouveau par les crochets, les deux parties du châssis du pied, et on rectifie les coutures au moyen de la spatule ou du paroir. On enlève ensuite le châssis du culot, puis le modèle, puis enfin le noyau de celui-ci; il ne reste plus alors qu'à démonter la chape de la cloche et à retirer le modèle de celle-ci après avoir enlevé d'abord celui de la couronne. — Quand toutes les parties du moule sont ragréées et parées au poussier, on les ferme les unes sur les autres en commençant par celles qui ont été démoulées les dernières. — On étuve ordinairement le petit noyau compris entre *gh* et *su*, afin qu'il ne s'écrase pas en renmoulant.

536. — D'après ce qu'on a pu voir, le moule d'un vase est un des plus compliqués qu'on puisse rencontrer parmi les moules à plusieurs châssis. Toutes les autres pièces de poterie présentant beaucoup moins de difficultés et se demoulent presque toutes en deux parties, la chape et le côté à noyau. Nous devrons excepter cependant les poêles dont le corps est moulé en trois châssis, celui du milieu se séparant suivant un plan qui passe par le centre des lunettes et est parallèle à la porte où l'on charge le bois et à la buse par où s'échappe la fumée, les marmites renflées qui se moulent à peu de chose près de la même manière que les poêles, les chenets à figures ou à ornements dont la partie du milieu forme tiroir et se sépare de telle sorte que toute la figure ou la partie ornée se démoule d'un côté, tandis que la queue et le derrière de la tête qui n'a pas d'ornements viennent avec l'autre, etc., etc.

Les grandes chaudières moulées en sable se font quelquefois en trois parties, celle du haut ne portant que la superficie du fond de la pièce, sur laquelle sont disposés les jets et les évents. On fait cette partie dans le but d'ébranler plus facilement le modèle entre deux sables avant d'enlever la chape. Quelquefois le fond du modèle est percé d'un trou circulaire de 0,30 à 0,50 de diamètre suivant les dimensions de la chaudière; on place alors celle-ci de suite sur le châssis qui doit porter le noyau qu'on peut fouler en même temps que la chape sans qu'il soit nécessaire de retourner le moule.

537. — Le moulage des ornements plats est de la plus grande simplicité et dans la plupart des usines on le confie aujourd'hui à des apprentis ou à des ouvriers d'une faible journée; cependant il exige beaucoup de soins, si l'on tient à avoir des surfaces bien nettes et des pièces sans bavures. On emploie pour les ornements plats coulés à vert, un mélange de sable neuf, de vieux sable et de sablon ce mélange; doit avoir assez de corps pour résister au moulage, mais il ne

doit pas être trop gras, parce qu'il *atteindrait* mal, c'est-à-dire parce qu'il donnerait des empreintes de peu de netteté qui produiraient des pièces à surface inégale.

A défaut de sablon qui sert à adoucir le mélange et à faire décaper les pièces, on fait bien d'employer une petite proportion de poussier de charbon de bois de préférence à celui de houille qui occasione une espèce de trempe et qui durcit les objets, dans les extrémités surtout où la fonte n'arrive qu'après avoir parcouru une grande partie des moules, et après s'être ainsi déjà dénaturée et refroidie au contact des surfaces.

Comme il est impossible de lisser les moules d'ornements au poussier, on est obligé de *reposer* le modèle, opération qui consiste à retirer celui-ci avant que la dernière partie du moule ne soit entièrement battue, à le remettre en place après avoir sécoué du poussier sur les deux côtés, et enfin, à refermer le moule pour l'achever ensuite comme on l'aurait fait si l'on n'avait pas reposé. Du soin qu'on apporte à ce travail, dépend la netteté des pièces ornées; la couche de poussier unit les sables, bouche les pores et fait décaper la fonte en lui donnant une belle couleur. Si le poussier ou le sable employés sont assez humides pour être disposés à coller sur le modèle, on fait bien avant de reposer celui-ci, de le faire chauffer légèrement pour qu'il sèche un peu les surfaces.

538. — *Du moulage en sable vert séché.* — Lorsqu'en a des moules d'une certaine dimension et lorsqu'on veut obtenir des pièces d'une surface plus unie que celles en sable vert, sans faire la dépense du chauffage à fond qu'entraîne le sable d'étuve, on pratique le moulage en sable vert séché.

La dénomination que nous donnons à ce moulage indique assez ce qu'il est. — On augmente un peu la proportion de sable neuf et on diminue celle du poussier minéral dans le mélange à employer en pareil cas. — Les moules sont serrés un peu plus fortement qu'en sable vert, mais beaucoup moins qu'en sable d'étuve. — Le *serrage* n'a pas besoin d'être confié à des mains aussi habiles que celui des moules coulés à vert, mais il est nécessaire d'épingler avec soin toutes les parois et tous les angles qui peuvent être détériorés par la chute de la fonte.

On moule en sable vert séché les plaques de fondation, les bâtis, les bielles et les balanciers de machines à vapeur, les plateaux, les flasques et enfin de préférence, toutes les pièces qui présentent une grande surface relativement à leur épaisseur. — Lorsque ce moulage est fait avec soin, on obtient les plus beaux résultats; et les fonderies d'Indret qui l'ont adopté pour la plupart des pièces des gros bâteaux, peuvent lutter de réputation pour la netteté et le fini de leurs travaux avec les fonderies les plus renommées.

Lorsqu'on moule en sable vert séché, on ne lisse pas les moules au poussier, comme pour le sable vert; mais on emploie, pour faire dépouiller les pièces, une couche ou badigeon qui s'étend au pinceau sur toutes les faces qui doivent

recevoir la fonte (1). — Il arrive souvent qu'après cette opération, les mouleurs secouent du poussier et lissent avec soin toutes les parties des moules qui peuvent l'être, afin d'effacer les traces du pinceau, de la brosse ou de la queue d'étoupes dont ils se sont servis pour passer la couche. — A Indret, on a la précaution de préparer des lissoirs appropriés qu'on coule en zinc ou en cuivre, pour redresser les moulures, les filets ou les angles des moules, après qu'ils ont été ragréés et consolidés au moyen d'épingles en fil de fer.

539. — *Du moulage en sable d'étuve.* — Nous avons dit (525, 526, 527) quels étaient les sables à employer pour les moules étuvés. Nous pouvons donc résumer dès à présent, les conditions principales exigées pour le moulage en sable d'étuve; elles consistent :

A serrer les parties de châssis assez solidement pour qu'elles puissent résister au séchage et pour qu'elles puissent supporter sans dégradations, les manœuvres que nécessite la mise à l'étuve, la sortie de l'étuve, le moulage, etc., etc.

A sécher les moules avec d'autant plus de soin qu'ils ont été plus serrés et que le sable employé contenait plus d'argile ou plus d'eau.

A consolider par tous les moyens possibles (colle, épingles, armatures, etc.), toutes les parties des moules qui sont susceptibles de se crevasser par la chaleur et qui pourraient se détacher en renmoulant, faute d'une solidité suffisante.

A avoir soin en foulant, de lier intimement toutes les couches de sable entr'elles, de manière à éviter les *galettes* qui pourraient se détacher et tomber pendant le séchage ou pendant le renmoulage.

540. — On moule de préférence en sable d'étuve, toules les pièces à noyaux compliqués, telles que cylindres de machines à vapeur, condenseurs, boîtes de distributions, etc., etc., les pièces qu'on veut obtenir bien saines parce qu'elles doivent être tournées, allésées ou limées, les pièces à gros noyaux en terre, qui pourraient prendre l'humidité des moules en sable vert et faire bouillonner la matière, les pièces qui doivent être coulées en chute et dont la hauteur est trop grande pour qu'on puisse essayer de verser la fonte dans des moules peu solides; les pièces dont les contours offrent un grand nombre de reliefs et dont on n'opère le démoulage qu'au moyen d'une décomposition compliquée des modèles ou de

(1) Cette couche qui se compose habituellement d'environ 3/4 de poussier de charbon de bois sur 1/4 de terre argileuse ou de boue de rivière bien grasse, auxquels on ajoute une très-petite quantité d'amidon cuit, se délaye avec de l'eau ou avec de l'urine dans laquelle on la laisse quelquefois fermenter pendant longtems. Elle sert également pour le moulage en sable d'étuve; mais on peut sans inconvénients, pour les moules de petits objets, supprimer la proportion de terre glaise.

pièces de rapport, enfin les pièces de formes très-délicates qu'on veut obtenir avec des surfaces parfaitement nettes et avec de la fonte très douce.

541. — A la *serre* près, les opérations du moulage en sable d'étuve se pratiquent comme celles du moulage en sable vert, quand il s'agit de modèles d'une dépouille facile. — Lorsqu'on moule des pièces qui demandent un grand nombre de noyaux et lorsque ces noyaux doivent être assujétis d'une manière très-exacte, il est bon de faire sécher et recuire ceux-ci d'abord, puis de les placer dans les moules encore verts, de les consolider au moyen d'étançons (1) ou de ligatures et enfin de mettre le tout ensemble à l'étuve, après avoir eu soin de fermer les parties supérieures et de les relever pour s'assurer que rien n'est dégradé. Cette opération est utile parce qu'elle permet d'établir les noyaux sans qu'on ait à craindre de les voir briser les angles, s'ils sont trop lourds ou de dimensions trop fortes, et parce que, s'il arrivait que quelques parties des moules fussent dérangées à la suite d'accidents produits par des circonstances semblables, il serait plus facile de les rétablir, avant que ceux-ci ne fussent séchés.

542. — Lorsque les pièces présentent des contours fouillés, mais cependant symétriques, comme les colonnes cannelées, les candelabres, les pilastres, etc., dont l'ornement se répète, il est aisé de décomposer les modèles de telle sorte qu'ils puissent sortir du sable sans qu'il soit besoin d'employer les pièces battues. On les dispose ordinairement comme l'indique la fig. 51 pl. 10 qui représente la coupe d'un moule de colonne cannelée. Lorsque les deux côtés de moule sont foulés et séparés, on retire les clefs *a* et *a'*, puis les autres parties du modèle s'enlèvent librement en leur faisant prendre les directions *b* et *b'*, *c* et *c'*. — Une disposition de ce genre, n'est pas seulement applicable pour des modèles à saillies, on l'emploie encore pour le moulage de pièces auxquelles on ne peut pas donner de la dépouille et dont la hauteur ne permet pas d'ébranler suffisamment, pour qu'on puisse démouler avec facilité. — Par exemple, on composerait un modèle de gros cylindre, ou de gros tuyau à mouler debout, de la manière indiquée par la fig. 52. *C c c* et *c' c' c'* sont deux coquilles réunies par une clef *h* qui s'enlève au moment du démoulage, et qui donne le moyen de rapprocher les deux autres morceaux du modèle dans la position *d d d* et *d' d' d'* qui leur permet de sortir facilement du moule. Un cylindre qu'on veut couler verticalement se moule plutôt debout, qu'en deux parties de châssis, afin d'éviter

(1) On emploie pour étançonner les noyaux, des clous à large tête, des supports en fil de fer ou de laiton, des petits morceaux de tôle roulés en cylindre, pliés en cube ou rivés en plaques sur des broches pointues. — La forme de ces étançons dépend d'ailleurs de celle des noyaux et de leur disposition. Il faut avoir soin d'employer du fer recuit, si l'on veut éviter les soufflures. — Pour les pièces minces ou délicates, on fait bien de se servir de laiton ou de cuivre rouge.

les coutures. S'il est d'un petit diamètre, on fait plusieurs assises, afin de pouvoir plus facilement réparer, lisser et badigeonner l'intérieur. Dans tous les cas, il est toujours avantageux de couper les châssis suivant un plan *m n* passant par l'axe pour qu'il soit possible de les ouvrir, au moment de retirer la pièce coulée, ce qui serait très-difficile et très-long, si l'on n'usait de cette précaution. Les châssis coupés de cette manière peuvent aussi prêter au démoulage et permettre de faire le modèle d'un seul morceau; on les entrouvre un peu au moment de démouler, et les sables s'écartant quand on ébranle, facilitent la sortie du modèle. Après cette opération, on serre les châssis les uns contre les autres au moyen de clavettes, et la couture qui s'était formée se referme assez bien pour que même avant le passage du lissoir, elle ne soit plus visible.

543. — C'est par des procédés semblables, qu'a lieu le moulage des canons. Nous nous arrêterons peu sur ce travail qui a été traité plus largement qu'aucun autre dans la plupart des ouvrages de métallurgie qui ont paru jusqu'à présent. On donne aux châssis des canons, une forme analogue à celle des modèles, et on les décompose de la même manière que ces derniers, en ayant soin toutefois de les diviser en deux coquilles comme les châssis de cylindres dont nous venons de parler. Ainsi par exemple, le modèle d'une pièce de 36 étant composé de 7 parties, savoir : le bouton, la culasse, le renfort, les tourillons, la volée, le bourrelet, et la masselotte, son châssis sera formé d'autant de parties correspondantes.

On a pendant long-temps moulé les canons en terre, mais depuis quelques années on a adopté définitivement le moulage en sable, qui donne des pièces plus propres et tout aussi saines, lorsque les moules sont séchés avec soin. Ce travail sur lequel plusieurs auteurs se sont étendus plus spécialement que sur bien des autres branches non moins importantes de la fonderie, n'offre cependant pas des difficultés réelles en ce qui concerne l'art du fondeur. — Il suffit que les parties de moules soient serrées avec le plus de dureté possible, que les sables ne soient pas trop argileux parce qu'alors on serait forcé de les recuire, ce qui deviendrait dispendieux et ne donnerait pas d'ailleurs des pièces d'une belle surface, que les masselottes soient de dimensions et de formes convenables pour qu'elles puissent favoriser le tassement de la manière la plus avantageuse, que les matières à employer soient pures, assez chaudes pour qu'elles chassent l'air des moules et pour qu'elles entraînent les scories à la surface, et cependant n'ayant pas une température tellement élevée qu'elle ferait vitrifier les sables et que les pièces se figeant trop lentement, les cavités produites par un tassement long et inégal seraient plus difficiles à éviter.

Les projectiles creux se moulent en sable vert avec noyaux en terre ou en sable séché; ils sont coulés, les noyaux suspendus, pour que leurs fonds viennent plus sains. — Les projectiles pleins sont moulés en sable vert; dans quelques usines, on retourne les moules après la coulée, quand les pièces sont encore un peu liquides,

dans le but de transporter le tassement vers le centre. Il y a quelques années on avait l'habitude de couler les boulets dans des moules en fonte formés de deux coquilles, mais cette méthode n'est plus pratiquée aujourd'hui.—Après l'ébarbage, les boulets sont rebattus au marteau, puis quelquefois lissés dans des cylindres creux montés sur tourillons et faisant environ 25 à 30 tours par minute. Mais nous ne nous occuperons ni de cette fabrication, ni de celle que nécessitent les canons après leur sortie de la fonderie. Assez de détails ont été donnés par des hommes plus exercés que nous à cette spécialité, pour que nous croyions convenable de nous dispenser d'écrire des répétitions qui n'auraient pas, bien certainement, la valeur des originaux (1).

544. — Le moulage à pièces de rapport a lieu pour les objets qui présentent des concavités dans leurs contours et dont le démoulage ne serait pas possible, quand bien même les modèles et les châssis seraient décomposés. Dans cette série, sont comprises principalement les statues et les pièces à ornements en relief; on fait usage quelquefois de pièces de rapport pour des objets de mécanique, mais ces cas ne se présentent que par extraordinaire et partiellement. Nous pensons donc que nous serons plus facilement compris en développant le moulage d'une figure.

Avant de placer le modèle sur la couche qui ne doit servir que pour aider à battre les pièces de rapport de la première partie, dite ordinairement partie creuse du moule, il faut examiner de quelle manière on le disposera, afin que toutes ses parties puissent être contenues dans les châssis, et afin qu'on puisse rentrer le noyau qui se décompose quelquefois en plusieurs fragments suivant les formes et la position de la figure. On choisit aussi la disposition la plus convenable pour l'emplacement des jets et des évents. Si toutes ces précautions préliminaires ne sont pas prises avec soin, on doit craindre, une fois le moule terminé, de ne pouvoir le fermer, ni rentrer le noyau. Lorsqu'il n'est pas possible de disposer la dépouille de manière à remplir cette condition, on conserve des pièces à *rapporter*, c'est-à-dire à mettre en place une fois que le noyau est descendu. — Quand la couche est faite, on bat autant de pièces qu'il y a de parties rentrantes en différents sens, à l'exception de celles qui peuvent se démouler dans les côtés du moule; et souvent même ces dernières parties sont couvertes de pièces, si l'on tient à obtenir des empreintes bien atteintes.

(1) On peut consulter pour la fabrication des bouches à feu et des projectiles, les ouvrages de Monge, de Hassenfratz, de Gribauval, le manuel du fondeur de Launay, etc., etc. — M. Culmann, traducteur de l'excellent traité de métallurgie de Karsten, a ajouté à la fin de cet ouvrage, un appendice fort bien conçu sur la fabrication des projectiles.

On foule les pièces de rapport en entassant le sable contre le modèle, au moyen du manche d'un petit maillet dont l'extrémité est coupée en biseau, puis on achève de les battre avec la bobine en les terminant par des surfaces planes raccordées par des angles qui leur donnent à peu près la forme du modèle. Les pièces sont dépouillées à la tranche et à la spatule, puis recouvertes de poussier avant que les côtés de moule ne soient battus, afin qu'elles ne s'attachent pas aux parois de ceux-ci. Quand on a terminé le moulage qui, à l'exception des pièces à battre, ne diffère pas de la méthode ordinaire, on retire les pièces au moyen d'aiguilles pointues en fil de fer, dans tous les sens où elles peuvent se démouler, puis on les colle avec de l'empois à leurs places respectives en ayant soin d'éviter les coutures trop grosses ou variées (1), enfin on les assujétit avec des épingles en fil de fer pour qu'elles ne tombent pas en séchant, en flambant (2) ou en remmoulant.

545. — Le moulage des statues ou des grandes pièces d'ornements s'exécute aujourd'hui plus avantageusement au moyen de châssis, que par les anciens procédés. Il faut que les objets à reproduire par le métal, soient de formes toutes particulières ou de dimensions extraordinaires pour qu'on se décide à adopter le moulage par assises ou le moulage en cire perdue.

Dans le moulage par assises, le modèle est placé debout sur un massif solide et disposé de telle sorte qu'il reçoive bien le noyau et qu'il puisse livrer passage aux gaz qui s'échappent de celui-ci pendant la coulée. — Les pièces sont battues comme pour le moulage en châssis, mais elles viennent se rapporter sur des coquilles coulées en plâtre et se retirant dans tous les sens qui se prêtent le plus facilement au démoulage. Ces coquilles sont consolidées par des armatures en fer dont les extrémités forment oreilles et s'assemblent au moyen de boulons; elles glissent les unes sur les autres, d'une manière invariable, étant guidées par des repères à coulisse en fonte, qui sont fixés dans le plâtre (3). — Les enveloppes en plâtre doivent être assez solides pour résister à la pression des sables quand

(1) On dit qu'un objet en fonte à des coutures *variées* ou *mâchées*, lorsque les lignes de rencontre des pièces de rapport ou des parties de châssis, ne suivent pas exactement les contours des modèles et viennent en saillie les unes sur les autres.

(2) Pour faire décaper les moules délicats dont les surfaces pourraient être altérées par le passage des pinceaux servant à étendre la couche dont nous avons parlé, on les flambe à la fumée de résine. Et si les objets ont une certaine épaisseur, on peut avant de flamber, souffler avec la bouche un peu d'huile qui tombe en pluie fine dans les parties creuses des moules.

(3) Les repères en plâtre ne seraient pas assez solides pour résister à tout le travail que nécessitent le démoulage, la mise en place des pièces pour la confection des noyaux et enfin le remmoulage.

on enterre les moules; pour économiser le plâtre neuf, on peut garnir les parties extérieures de vieux plâtras qui ne sont pas assez durs pour repousser les épingles qui doivent servir à assurer la solidité des pièces en sable. — La fig. 1, pl. 11, donne la coupe d'un moule d'une des grandes statues des fontaines de la Concorde. Le moule est enterré dans la fosse où a eu lieu le moulage, et nous supposons que la pièce vient d'être coulée.

546. — Nous ne nous étendrons pas sur les opérations du moulage en cire perdue, qui est aujourd'hui très peu usité. Une grande partie de ce travail demande non-seulement les plus grands soins, mais encore une habileté qui ne permet pas d'employer des mouleurs ordinaires. — Dans le moulage en sable, on peut arriver aux résultats les plus convenables avec des ouvriers exercés, soigneux, intelligents. Dans le moulage en cire perdue, il faut plus que de bons mouleurs, il faut des artistes capables d'exécuter le modèle lui-même au moyen de tablettes de cire rapportées sur le noyau qui est préparé et séché à l'avance. Le plus souvent, les empreintes en cire sont prises dans des creux en plâtre obtenus sur un premier modèle; quelquefois on est obligé de les modeler sur place. Comme le noyau n'a pas toujours des dimensions très exactes et des formes parfaitement semblables à celles du modèle, il devient nécessaire alors d'augmenter ou de diminuer l'épaisseur de quelques-unes des tablettes de cire, pour qu'on obtienne une œuvre ayant toutes les proportions convenables. On conçoit donc, d'après cela, que le noyau doit présenter de grandes difficultés, si l'on veut éviter des parties trop minces ou des sur-épaisseurs.

Quand toutes les tablettes de cire sont disposées et quand elles représentent l'ensemble très-exact de l'objet à couler, on procède à la confection de la chape qui s'obtient en recouvrant la cire, de plusieurs couches de potée ou terre fine, dont la qualité diminue au fur et à mesure que l'épaisseur augmente. — On a soin de laisser à la base du noyau et à différents endroits de la chape, surtout vers les extrémités de l'objet moulé, des orifices qui doivent servir à l'écoulement de la cire qui se fond rapidement, lorsque le moule est séché, et qui le vide entièrement lorsqu'il a été soumis au recuit (1). En préparant la chape, on ne doit pas oublier de placer entre celle-ci et le noyau, des supports destinés à consolider ce dernier et à l'empêcher de se jeter d'un côté ou d'un autre au moment

(1) La cire employée pour la confection de ces moules est la même que celle dont font usage les fondeurs de cloches pour former les ornements qu'ils appliquent sur la fausse pièce avant de bâtir la chape qui doit en conserver toutes les empreintes. On la compose, pour qu'elle soit à la fois tenace et très-fusible de 0,80 de cire pure, 0,13 de poix blanche, 0,04 de graisse et 0,03 d'huile de pavot. On fait fondre le tout ensemble à un feu doux, et on filtre sur un tissu de laine.

de l'arrivée du métal. Du reste, le noyau est toujours, quel que soit le mode de moulage adopté, assuré intérieurement par de fortes armatures en fer et pourvu de lanternes en tôle, en fonte ou en fer creux, destinées à l'échappement des vapeurs pendant le séchage, et à celui des gaz pendant la coulée.

547. — On conçoit que le moulage en cire perdue ne doit plus subsister aujourd'hui que nous possédons des mouleurs habiles et que les produits en châssis ou par assises se sont montrés si supérieurs. Si l'on a par ce procédé, l'avantage d'éviter les coutures qui se présentent dans le moulage en sable, quelle supériorité n'existe-t-il pas dans la netteté des surfaces produites par cette dernière méthode! — En cire perdue, on travaille sans la moindre certitude des résultats; on ignore si la cire videra complétement toutes les parties du moule, si le noyau ou la chape ne se sont pas crévassés et disjoints sous l'influence du recuit, si la terre a parfaitement reproduit toutes les empreintes; enfin, quels que soient les soins apportés à ce moulage et quelle que soit la composition de la potée, il est impossible de donner aux objets coulés, la netteté et le fini qu'il est facile d'atteindre par le moulage en sable qui donne la possibilité de réparer toutes les pièces de rapport, de les recouvrir d'une couche de badigeon, de les flamber, etc., etc.; moyens toujours certains d'empêcher les parois des moules de se vitrifier sous le contact du métal et de donner à celui-ci des surfaces telles qu'elles peuvent se passer du burin et du rifloir.

548. — *Du moulage en terre.* — On emploie pour ce moulage, des terres assez grasses pour qu'elles se lient facilement, mais ne contenant pas toutefois une trop grande quantité d'argile qui ferait fondre les parois des moules tout en les rendant trop compactes et occasionnerait un séchage très-dispendieux, quelquefois même un recuit qu'il est toujours facile d'éviter pour les gros moules, quand la composition des terres est convenable. En général, plus les terres sont argileuses, plus leur dessiccation présente de difficultés, plus leur retrait est grand et plus elles sont disposées à se crevasser pendant le séchage. — Les terres qui conviennent le mieux pour les couches extérieures des moules, sont les terres rouges appelées communément *herbues*; elles sont bien préférables aux terres grises qui sont calcaires et qui ne prennent pas assez de consistance. A défaut de terres propres au moulage, on se sert de sable argileux qu'on mêle avec une certaine proportion de vieux sable. — Quelles que soient d'ailleurs les bases employées pour la confection des terres de moulage, on y joint toujours une certaine proportion qui varie de 1/3 à 1/5e de crottin de cheval ou de bourre hachée dont la présence est utile pour empêcher les moules de se crevasser et pour faciliter le passage des gaz. Par cette dernière raison, le crottin de cheval est préférable à la bourre qui brûle moins facilement pendant le séchage et au moment de la coulée.

549. — Le moulage en terre est pratiqué dans toutes les fonderies; on l'em-

ploie non-seulement pour toutes les pièces circulaires qui peuvent s'obtenir sans modèles, au moyen de trousses, mais encore pour un grand nombre de gros objets dont le moulage ne doit avoir lieu qu'une fois et dont les dimensions exigeraient un appareil de châssis, long et coûteux à établir.

Les conditions les plus essentielles à observer pour le moulage en terre, sont :

La solidité à donner aux chapes et aux noyaux ; solidité qui s'obtient au moyen d'armatures et de ligatures en fer ou en fil de fer, lorsque les moules ne sont faits que par coquilles, et en donnant aux assises toute l'épaisseur et toute la liaison nécessaires, lorsque les enveloppes sont faites en briques.

La perfection du séchage qui exige plus de soins que pour tout autre procédé de moulage ; en principe, on doit commencer par chauffer à très-petit feu, puis augmenter graduellement la température quand les parois sont suffisamment entrées en dessiccation pour qu'on n'ait pas à craindre de les voir se fendiller, ce qui arriverait immanquablement, si elles étaient dès l'abord soumises à un fort degré de chaleur.

La bonne préparation des terres qui, pour les couches qui ne doivent pas se trouver en contact avec le métal n'exige qu'une trituration soignée, une fois que les pierres ont été triées et rejetées ; mais qui pour les épaisseurs qui doivent former les parois des moules, demande un mélange plus fin qu'il faut passer au tamis avant de le mouiller et de le broyer. — Quelquefois le crottin de cheval n'est pas assez fin pour donner une surface parfaitement unie à certains objets qu'on veut obtenir d'une belle exécution ; les fragments qui se rencontrent à la surface des moules sont brûlés par la fonte qui prend alors un aspect d'autant plus inégal que ces fragments sont plus nombreux. On fait bien de le remplacer pour les premières couches qui reproduisent les empreintes, par de la bouse de vache délayée dans un peu d'eau et passée dans un tamis fin ; le jus contenu dans la bouse empêche par sa viscosité la formation des crevasses, rend la terre moins compacte, moins dure après le séchage, et permet autant qu'il convient, le passage aux gaz qui se produisent pendant la coulée.

550. — La méthode la plus accréditée pour les moules en terre de pièces régulières est celle-ci :

Disposer d'abord le noyau (1), en ayant soin de lui laisser tous les orifices nécessaires pour l'échappement des gaz et des vapeurs, ce qui demande d'autant plus de soin que ce noyau est plus vaste et plus renfermé par le métal. — Trousser ensuite sur le noyau, une épaisseur qui représente exactement l'objet à couler,

(1) Quand le noyau n'est pas de dimensions trop petites, on le monte au moyen d'assises en briques.

Recouvrir enfin cette épaisseur qui prend le nom de fausse pièce, de plusieurs assises de terre épaisse, qu'on étend en les pétrissant avec les doigts qui laissent à leur surface des empreintes utiles pour lier les différentes couches entr'elles et pour les empêcher de se gercer. Ce sont ces dernières couches qui composent la chape, à laquelle on donne une épaisseur qui augmente en raison de l'étendue et de la masse des pièces à couler. — Pour démouler, il suffit d'enlever la chape au moyen d'une grue, puis la fausse pièce qu'on peut briser parce qu'elle n'est plus d'aucune utilité; on répare alors le noyau et l'intérieur du moule, on leur donne la couche, on les fait sécher de nouveau et il ne reste plus qu'à fermer le moule et à l'enterrer au moment de la coulée.

On a eu soin de laisser à l'entour du noyau une assise ou meule formant un cône tronqué dont la base supérieure dépasse de quelques centimètres celle de la pièce moulée, et dont la hauteur varie entre 0,03 et 0,10. — Cette meule sert de repère à la chape qui vient s'y ajuster à frottement, conservant ainsi entr'elle et le noyau, un vide dont l'épaisseur est parfaitement régulière.

551. — Quand la trousse des pièces à couler, laquelle n'est pas autre chose qu'une génératrice, est composée de lignes courbes, on est en quelque sorte obligé d'adopter la méthode que nous venons d'indiquer, parce que les chapes ne peuvent se démouler qu'au moyen de coupes qui permettent de les enlever en tiroir. On fend alors la terre, au moyen d'un couteau, et on forme autant de tranches qu'il en est besoin pour que le démoulage soit bien fait. Ces tranches sont ensuite rapportées les unes contre les autres, consolidées d'avance au moyen de ligatures, si l'épaisseur de la pièce permet la rentrée de la chape sans rencontrer le noyau, ou seulement rapprochées partiellement contre ce dernier au moment de fermer le moule pour la coulée, si le noyau offre des parties dont le diamètre est plus grand que celui de l'endroit le plus petit de la chape. Dans ce dernier cas où les morceaux en terre de la chape font l'office de pièces de rapport, il faut prendre beaucoup de soin pour éviter des parties rentrées aux coutures.

552. — Mais toutes les fois que le remoulage est facile sans la décomposition du noyau ou de la chape, par exemple, pour des pièces cylindriques, coniques, demi-sphériques, etc., pour des objets dont les saillies ne sont pas reproduites à l'intérieur et qui permettent de donner de la rentrée au noyau, aux dépens de l'épaisseur, etc., etc., on construit les moules au moyen d'assises en briques (1) liées entr'elles par un mortier composé tout simplement de vieux sable

(1) Il n'est pas nécessaire d'employer pour ce moulage, des briques cuites et de bonne qualité. — Dans les usines où l'on confectionne beaucoup de moules en terre, on emploie les vieux sables qui sont devenus trop mauvais pour le moulage, à la préparation de briques qui se font

délayé dans l'eau. Ce procédé qui permet de faire des moules beaucoup plus solides, offre à la fois une économie de temps et de frais de dessiccation, car on se dispense alors de faire une fausse pièce. La chape et le noyau se préparent avec deux trousses séparées dont la partie inférieure est parfaitement symétrique, afin que l'une fournisse le creux et l'autre le relief de la menle qui doit servir de repère. — On nous comprendra mieux par l'examen de la fig. 53, pl. 10 dont une moitié indique la préparation de la chape par une trousse qui agit intérieurement et dont l'autre moitié montre la même opération pour le noyau, au moyen d'une trousse qui fonctionne extérieurement. La partie supérieure d'un tel moule peut être recouverte par des plaques de terre ou de sable, quand l'épaisseur de la pièce ne permet pas de donner à la chape un rebord suffisant pour qu'il s'appuie sur le noyau et pour qu'il vienne ainsi fermer le haut du moule. — Les assises sont bâties sur des plaques circulaires en fonte, qui pourraient au besoin se repérer à goujons et auxquelles on laisse des oreilles suffisantes pour qu'on puisse facilement transporter au moyen des grues, les deux parties du moule.

553. — Quand on peut disposer de châssis convenables, on remplace les chapes en briques par une chape troussée en sable. Pour cela, on choisit un modèle cylindrique dont les dimensions se rapprochent de la pièce à trousser; on moule et on démoule ce modèle par les procédés ordinaires du moulage en sable; puis on introduit la trousse dans le vide qu'il a laissé, et en enlevant tout le sable inutile, on arrive à donner à la chape, les dimensions et les formes voulues. Il est également facile de trousser un noyau en sable, si l'on a soin de maintenir celui-ci par une ou plusieurs lanternes, ou de remplir tout son milieu de plusieurs gros morceaux de coke qui, diminuant la masse du sable, donnent de la facilité pour le séchage et se prêtent à l'échappement des gaz. On emploie de préférence ce dernier moyen, pour les noyaux fermés par le haut, tels que les noyaux de chaudières, de bassins, etc., etc.

554. — Lorsqu'il s'agit de pièces ornées à mouler en terre au trousseau, par exemple, des poêles de café, des grands vases, des vasques de fontaines, etc., etc., on procède par la méthode habituelle indiquée au paragraphe 550. — Seulement, on a soin de rapporter sur la fausse pièce, des ornements en cire, dont l'em-

---

souvent dans des moules tracés à la demande des modèles. — Ces briques qui sont séchées au soleil, sur les plaques des étuves, etc., reviennent à fort bon compte et conviennent beaucoup mieux que les briques cuites qui offrent une trop grande résistance, quand les pièces coulées prennent leur retrait, et qui obligent souvent à vider les noyaux aussitôt après que le métal s'est solidifié dans les moules, afin de favoriser ce retrait qui pourrait provoquer des arrachements. — Quand les sables ne sont pas assez gras pour qu'ils soient bons à former des briques solides, on les mouille avec de l'eau dans laquelle on a fait dissoudre une certaine quantité de terre argileuse.

preinte est retenue par la chape et qui sont fondus au moment de la dessiccation. — Pour éviter la dépense de ces ornements qui ne peuvent se faire que dans des creux préparés spécialement, quelques ouvriers se contentent de prendre sur des modèles en relief, toutes les empreintes qui leur conviennent, à l'aide d'une terre molle ou d'un sable gras pouvant se manier facilement; ils approchent ensuite ces empreintes de la fausse pièce, ils les consolident aux endroits où elles doivent se trouver et enfin ils commencent les premières couches de la chape, en ayant soin de lier ces couches avec les ornements rapportés, de telle sorte que ceux-ci se trouvent tout à fait réunis avec la chape, comme s'ils avaient été obtenus au moyen des cires.

Mais quelles que soient les précautions employées pour obtenir des empreintes parfaitement nettes avec l'application des cires ou de la terre molle, on arrive difficilement à la perfection que donne le moulage en sable. — Nous avons fait essayer avec succès, pour des pièces troussées auxquelles nous voulions donner une exécution soignée, le procédé que voici : on troussait le noyau et la chape par les moyens que nous avons déjà indiqués, mais on avait soin de laisser dans cette dernière, des repères, où venaient s'appliquer des pièces en sable, battues sur des modèles en relief. Les repères, lorsque les ornements étaient placés régulièrement, sur des chapes cylindriques par exemple, étaient formés par la trousse elle-même. La fig. 2, pl. 11, peut suffire pour indiquer de quelle manière, les pièces étaient rapportées; elle représente une portion d'un moule de gros poêle dont la partie supérieure et la partie inférieure sont couronnées d'une frise courante.

555. — Le moulage en terre, lorsqu'il n'a pas lieu pour des pièces troussées, se fait sur modèles au moyen de coquilles qui se traitent comme des pièces de rapport. Quand les moules ont un grand volume et quand ils doivent recevoir un poids considérable de métal, il est essentiel de faire leurs épaisseurs en briques ou de les armer au moyen de solides cloisons en fer ou en fonte.

Les modèles qui doivent être soumis à ce moulage, sont recouverts d'un enduit de suif fondu avec de l'huile de pavot ou avec de la cire; on y applique les couches de terre, comme on le fait pour les chapes ordinaires faites sur fausses pièces, en ayant soin de conserver toutes les séparations nécessaires pour que le démoulage soit facile; puis on démonte après que les épaisseurs ont été suffisamment séchées pour pouvoir s'enlever sans inconvénient.

Ces procédés qui sont loin de donner (à quelques rares exceptions près) d'aussi beaux produits que le moulage en sable, sont usités de préférence pour de fortes pièces qui doivent être coulées dans des moules très-solides et qui ne seraient moulées en châssis qu'avec une dépense considérable. On les emploie encore dans les hauts fourneaux qui, attachés aux forges, n'ont pas l'habitude des moulages en sable et ne sont pas montés pour ce genre de travail; ainsi on

moulé en terre, sur modèles, des gros marteaux de forges, des enclumes, des cylindres massifs, etc., etc.

Nous donnons par la fig. 3, pl. 11, un exemple d'un piédestal moulé en terre, sur un modèle en bois; la chape se divise en deux coquilles consolidées par des armatures dont les oreilles s'ajustent au moyen de goujons à clavettes. — Le noyau de ce piédestal peut se faire en sable, dans le modèle, ou en briques à l'aide d'un calibre (1).

556. — *Du moulage en coquilles.* — De tous les moulages, celui-ci est le moins usité dans les fonderies; il consiste à obtenir les objets fondus au moyen de moules en métal. — Si ce procédé donnait pour la fonte et pour le cuivre, les résultats qu'il présente pour le plomb, pour l'étain et même pour le zinc, sans nul doute l'art du mouleur serait considérablement simplifié et les ateliers de fonderies pourraient être entretenus avec un nombre d'ouvriers infiniment plus petit. Mais ce grand problème déjà tant de fois mis à l'essai, n'est pas encore résolu et les faits qui existent ne sont pas de nature à nous promettre, d'ailleurs, une solution quelque peu complète.

Au reste, les différents procédés de moulage dont nous avons parlé avant celui-ci, ont subi depuis plusieurs années des améliorations très-satisfaisantes; ils présentent aujourd'hui assez de conditions d'économie, de célérité et d'exactitude pour qu'on se borne à vouloir continuer à les perfectionner, sans songer à la révolution qu'apporterait dans la fabrication, l'emploi des moules en métal, qui d'après ce que nous allons exposer, n'est rien moins que douteux, surtout pour la fonte de fer. — En effet, la composition de la fonte, dénote par elle-même les faits qui doivent se passer, si ce métal est versé liquide dans des moules qui sont loin d'avoir la température dont il est pourvu, quel que soit le degré de chaleur auquel on aura pu les élever préalablement. On obtient ainsi, des pièces qui, refroidies promptement par le contact des moules métalliques, blanchissent et acquièrent une grande dureté sur une épaisseur qui augmente en raison du peu de calorique retenu par les coquilles en égard à celui que comporte le métal en fusion.

(1) On comprendra que ce piédestal pourrait être également moulé en sable, soit sur l'angle entre deux châssis, soit debout en trois parties de châssis, le modèle se retirant en deux morceaux. Il est peu de pièces dont on ne puisse pratiquer le moulage de deux ou trois manières différentes; il reste à choisir celle qui convient le mieux comme économie de temps et d'argent et comme certitude de réussite. Sans nul doute, dans le cas que nous présentons, il vaudrait mieux préférer le moulage en sable, à moins toutefois que la pièce ne fût de dimensions extraordinaires. — Nous avons choisi comme application du moulage en terre sur modèles, le piédestal de la fig. 57, plutôt parce que sa simplicité nous convenait pour bien rendre notre idée, que parce que cette pièce devait être rigoureusement moulée de cette manière.

D'autres inconvénients, viennent encore se montrer dans les pièces coulées en coquilles, et parmi ceux-là, il nous suffira de citer, les défauts des surfaces qu'il est impossible d'éviter, quelle que soit la pureté de la matière, la grosseur des coutures quand les parties de moules ne sont pas parfaitement bien ajustées, les inégalités dans la forme des pièces, inégalités qui sont dues à la résistance que présentent les parois des coquilles, quand le métal prend son retrait, etc., etc. (1).

Les inconvénients que nous signalons ont été particulièrement constatés pour des pièces d'une certaine masse. Que serait-ce donc, si l'on voulait couler des objets d'ornements qui présentent une grande surface? Il est certain que le métal ne remplirait pas entièrement les moules et que les pièces coulées seraient retirées par morceaux. Quels soins, quel temps et quelle dépense ne faudrait-il pas du reste, pour exécuter de semblables moules!!.

557. — On ne coule plus aujourd'hui de boulets en coquilles; le moulage en sable s'est montré tellement supérieur, que les vieilles préventions ont disparu et que les officiers d'artillerie chargés habituellement de la fabrication des projectiles, ont fini par se décider à l'adopter. — On ne coule même plus des poids d'horloge, objets bien moins à soigner que les boulets. La seule fabrication qui soit restée en faveur, est celle des cylindres trempés pour les laminoirs.

Bien des fondeurs ont essayé de couler des cylindres durs, et nous en connaissons peu qui sont parvenus à des résultats complètement satisfaisants. Le degré de la trempe dépend de la température communiquée au préalable à la coquille, de l'épaisseur de cette coquille et enfin de la qualité des fontes. Pour obtenir de bons cylindres trempés, les données suivantes sont très-convenables : faire l'épaisseur des coquilles égale au tiers du diamètre des cylindres à couler ; élever les coquilles à une température de 75 à 80°°; introduire le métal par deux jets en source et dirigés suivant des tangentes qui font tourbillonner le métal en maintenant les scories au milieu, jusqu'à ce qu'elles soient remontées à la surface de la masselotte; donner à la masselotte le tiers environ du poids du cylindre; choisir autant que possible, des fontes grises provenant de minerais fusibles traités dans des ouvrages peu élevés. — La table seule des cylindres durs se coule en coquilles; les tourillons et les trèfles sont moulés en sable séché, par les procédés

(1) Ainsi, on avait remarqué à Hayanye et dans les autres usines où l'on coulait des boulets en coquilles, que ces objets perdaient de leur sphéricité en s'aplatissant un peu du côté du jet. — Nous avons reconnu le même fait, sur des poids d'horloge, qui coulés verticalement, prenaient tout leur retrait dans cette position et conservaient le diamètre exact des coquilles. A quoi attribuer ces résultats, si ce n'est au tassement du métal liquide et à la résistance des parois des moules.

habituels; on a soin de comprendre dans chacune des deux parties en sable, un ou deux centimètres de la table pour qu'il soit facile de tourner et de dresser les bouts du cylindre. La fig. 4. pl. 11 représente deux projections d'un moule de cylindre coulé en coquilles.

558. — On se sert encore quelquefois de portions de moules en fonte pour durcir certaines surfaces de pièces pour la coulée desquelles on ne veut pas employer de la fonte aigre. Ainsi, dans les moules d'enclumes, de marteaux de forges, etc., etc., on remplace le sable des parois sur lesquelles le métal doit acquérir de la dureté, par des plaques de fonte recouvertes d'une couche de noir.

Autant que possible, on évite l'emploi des parties métalliques dans les moules en sable ou en terre, mais il arrive des circonstances où l'on est obligé de remplacer par des tiges en fer, des noyaux d'un très petit diamètre ou d'une faible épaisseur, eu égard à leur longueur. On emploie alors du fer doux qu'on peut faire recuire d'avance, qu'on recouvre d'une couche mince de potée, qu'on noircit ensuite et qu'on fait sécher avec soin. Il est essentiel que ces noyaux en métal ne demeurent pas long-temps dans les moules où ils prendraient bientôt assez d'humidité pour provoquer des soufflures. — On prépare d'une manière semblable, les plaques de tôle qui doivent servir à diviser en deux parties après la coulée, une pièce moulée d'abord en un seul morceau, ainsi des roues d'engrenage, ainsi des embrasures de roues, ainsi des volants, etc., etc.

559. — *Des noyaux.* — On emploie pour la fabrication des noyaux, des terres et des sables préparés comme pour le moulage. — Le but essentiel à atteindre dans ce travail, consiste à opérer une dessiccation complète et à bien ménager toutes les issues utiles pour l'échappement des gaz.

Les noyaux cylindriques, coniques, sphériques, etc., etc., qui peuvent se faire à la trousse et à l'aide du tour, sur des lanternes ou sur des axes, sont faits habituellement en terre. Lorsque les diamètres ne sont pas trop faibles, on recouvre les lanternes ou les axes d'une certaine épaisseur de cordes en paille ou en foin tressé, qui sert à diminuer le poids des noyaux, à faciliter leur séchage et à aider la sortie des gaz. Mais il arrive que, quand ces cordes de paille ou de foin ne sont pas enroulées avec force sur les lanternes, elles cèdent sous la pression du métal et occasionnent des bosses à l'intérieur des pièces (1). — Nous

(1) On trouve moyen de consolider les noyaux, lorsqu'ils sont d'un gros diamètre et lorsque l'on veut éviter de multiplier les épaisseurs de terre, en appliquant sur la torche, une ou deux couches de plâtre, qu'on perce à différents endroits, de manière à établir des communications avec les trous de la lanterne. Cette précaution vaut mieux que l'emploi de plusieurs entourages de cordes qui, quelque bien qu'elles soient serrées, finissent toujours par donner du ballotage aux noyaux.

avons essayé de les remplacer en différentes occasions par des chaînes en fer et en fonte dont l'emploi nous aurait paru très avantageux, s'il n'avait trop augmenté le poids des noyaux et par suite la difficulté de les manœuvrer. — On compose les noyaux en terre de plusieurs couches dont le nombre dépend de l'épaisseur de terre à mettre sur la lanterne; on a bien soin de sécher à fond, chaque couche avant de placer la suivante et de ne pas faire un feu trop vif en commençant la dessiccation, afin d'éviter les crevasses qu'une température élevée ne manquerait pas d'amener, en saisissant la terre d'une manière trop brusque.

560. — Quand les noyaux sont de grandes dimensions, on les fait autant que possible, en briques, à l'aide de calibres. — Les noyaux cylindriques d'un petit diamètre peuvent être foulés en sable sur leur axe, dans une boîte à noyau, puis mis sur le tour, pour y être tournés à *vert*, si l'on n'a pas été à même de se procurer des boîtes d'un diamètre convenable. Quelquefois quand leur longueur est peu considérable, on les fait avec des morceaux de terre séchée et on leur donne les formes voulues au moyen d'une rape et en se servant d'un compas d'épaisseur.

561. — Les noyaux en boîtes, sont presque toujours foulés en sable; on les consolide avec des armatures qui ont la même forme qu'eux et qu'on place ordinairement vers le centre. Si les formes sont contournées de telle sorte qu'il soit gênant de pratiquer un trou d'air au moyen d'une aiguille qui se retire quand le noyau est foulé, on garnit l'armature d'une bougie fine ou d'une corde graissée de suif; les matières fusibles sont brûlées pendant le séchage et laissent un vide par lequel s'échappent les gaz. Lorsque les noyaux sont d'une certaine importance, on peut préparer à leur demande, des petites lanternes en tôle.

Il est cependant des noyaux qui présentent plusieurs embranchements ou certaines profondeurs qu'il serait difficile d'atteindre, si on les foulait en sable. On est obligé alors de les faire en terre, qu'on entasse dans la partie creuse des boîtes, et à laquelle on achève de donner les formes convenables en la préparant à la main et en fermant plusieurs fois les boîtes pour s'assurer que les reliefs ne sont pas trop élevés ou trop bas. — La terre employée pour ces noyaux est moins liquide que celle des noyaux à la trousse; on la compose de sable neuf, de sable vieux et d'une forte proportion de crottin de cheval.

562. — Lorsqu'on ne veut pas faire la dépense de boîtes, pour des noyaux qui offrent une certaine complication, on se contente d'un modèle qui représente exactement le noyau à exécuter, on moule ce modèle et enfin on se sert du moule, comme d'une boîte à noyau. Cette méthode est souvent très-économique, car il est rare que le travail du modeleur ne soit infiniment plus difficile et plus dispendieux pour une boîte à noyau que pour un modèle de noyau.

563. — S'il s'agit de noyaux de formes régulières, mais qui ne sont pas droits,

comme par exemple, des noyaux de tuyaux coudés, on peut éviter à la fois et la dépense d'une boîte à noyau et celle d'un modèle de noyau; il suffit de couler deux plaques en fonte dont la largeur est égale au diamètre du noyau, puis au moyen d'un calibre demi-circulaire de trousser deux moitiés qui s'ajustent l'une sur l'autre et se consolident par des ligatures en fil de fer.

Enfin, pour des noyaux de ce genre et lorsqu'on n'a qu'une seule pièce à couler sur un même modèle, on se borne quelquefois à faire le noyau dans le moule de la pièce elle-même. Pour cela, on garnit les parois du moule d'une épaisseur de terre glaise égale à celle de la pièce, puis après avoir secoué une couche épaisse de poussier sur la terre glaise, on fabrique le noyau en terre ou en sable, en opérant comme si l'on se servait d'une boîte.

564. — Mais si les surfaces des moules, au lieu d'être pleines, présentent des contours délicats ou des parties ornées, il est peu convenable de les garnir de plaques de terre glaise qui pourraient en altérer la netteté. On doit alors faire les noyaux en sable, en les foulant dans les moules qu'on saupoudre d'avance d'une bonne couche de poussier et dont on bouche les fonds qui ne doivent pas venir creux, au moyen de papier mou qu'on appuie légèrement avec les doigts.

Si les modèles à tirer d'épaisseur sont des pièces plates, comme des médaillons, des bas-reliefs, etc., etc., les moules se composent d'une partie creuse et d'une partie plate qui a pris l'empreinte inutile du derrière du modèle; on troue cette partie, en la découpant suivant les contours de la pièce, on ferme le moule, puis on foule le noyau dans la partie creuse en lui faisant faire corps avec le côté qui a été découpé. De cette manière, on obtient une empreinte en sable qui représente exactement le modèle; il suffit alors d'enlever sur toute la surface de cette empreinte et au moyen de la spatule, une épaisseur qu'on conserve égale autant que possible et qu'on se contente d'augmenter dans les endroits seuls où le noyau nécessite de la rentrée. Pour les pièces minces et de peu de saillie, les mouleurs se dispensent de tirer d'épaisseur à la spatule, en plaçant entre les deux côtés de moule après avoir foulé le noyau, une feuille de carton ou de terre grasse, de laquelle dépend l'épaisseur de la pièce. Ce moyen permet d'exécuter des objets d'une grande légèreté et d'une épaisseur extrêmement régulière; on peut encore l'employer pour des pièces d'un grand relief, mais il faut avoir le soin d'abattre avec l'ébauchoir toutes les parties verticales qui demandent de la rentrée.

Lorsqu'il s'agit des noyaux de modèles irréguliers pour lesquels on a employé le moulage à pièces de rapport, on leur donne de la solidité au moyen de *carcasses* ou d'armatures qui sont revêtues de petites lanternes ou de bougies, pour laisser des issues aux gaz, puis on les foule également dans les moules qui font l'office de boîtes. On n'assujétit alors les pièces de rapport, qu'après l'achèvement du noyau,

parce qu'il devient nécessaire de ne les séparer du sable foulé dans le moule, qu'au fur et à mesure que l'épaisseur est enlevée. Les noyaux de grandes statues, qui ne doivent pas se transporter, sont établis sur des fourneaux en briques bien pourvus de trous d'air et de grilles à l'intérieur pour faciliter le séchage. — Pour les petites pièces très délicates, les statuettes par exemple, on prépare deux moules dont on a soin de dépouiller les côtés exactement suivant les mêmes contures, et on emploie pour faire le noyau, le moins soigné de ces deux moules; cette méthode permet d'obtenir des surfaces d'une netteté parfaite, chose à laquelle les mouleurs arrivent plus difficilement en tirant d'épaisseur, le noyau dans le creux, quelle que soit leur habileté.

565. — D'après ce que nous venons de dire, on verra combien sont nombreuses les méthodes employées pour la fabrication des noyaux. Il est assez difficile d'indiquer, en quelles circonstances, tel ou tel procédé devrait être appliqué; on fait les noyaux, en terre, en sable, en briques, etc., etc., suivant la disposition des modèles et suivant les ressources que présente le matériel des fonderies. — Qu'il nous suffise pour résumer nos détails sur cette partie importante de la fabrication, de récapituler les différents procédés mis en usage le plus fréquemment par les mouleurs; ces procédés sont :

1° Noyaux en terre à la trousse, sur lanternes ou sur axes; 2° noyaux en terre à la trousse, montés en briques; 3° noyaux en terre faits au calibre; 4° noyaux en terre faits à la rape et au compas d'épaisseur; 5° noyaux en sable foulés dans des boites (1); 6° noyaux en sable, faits sur axes et tournés; 7° noyaux en terre, battus dans des boites ou dans des faux moules; 8° noyaux en sable, foulés dans des boites et achevés à la trousse; noyaux en métal et recouverts d'une couche de noir ou de cendres, etc., etc.

Tous les noyaux fabriqués par ces méthodes, peuvent servir indifféremment pour des moules en sable vert et pour des moules en sable d'étuve. Les procédés suivants ne sont applicables qu'au moulage en sable séché :

1° Noyaux en terre battus dans les moules et tirés d'épaisseur à la terre glaise ou à la rape; 2° noyaux en sable, foulés dans les moules et tirés d'épaisseur au carton ou à la spatule; 3° noyaux faits dans des boites, mais devant être foulés sur place et faire corps avec une des parties du moule. Ce dernier moyen peut

(1) Les noyaux en sable, foulés dans des boites, ne se font pas toujours sécher; lorsque les sables sont à gros grains et d'une humidité convenable, lorsque l'air est tiré avec soin, lorsque les serres ne sont pas trop dures, il est certaines pièces qu'on peut couler avec des noyaux à vert, par exemple, les tuyaux de conduite et de descente, les boites de roues, etc., etc.

être encore utilisé pour des moules en sable vert, si les noyaux ne demandent pas à être séchés (1).

566. — *Observations générales relatives au moulage.* — Dans toutes nos explications précédentes sur les différents systèmes de moulage, nous n'avons pas appuyé sur quelques précautions qu'il est indispensable de prendre pendant les opérations, parce que nous voulions éviter des répétitions fatigantes et inutiles. Ces précautions qui quelquefois se renouvellent pendant la durée du moulage, consistent principalement :

A saupoudrer de sable brûlé, de fraisil ou de poussier, les pièces de rapport et les côtés de moules pour les empêcher d'adhérer entr'eux. (On peut garnir de feuilles de papier les surfaces verticales sur lesquelles le sable brûlé ou le poussier ne tiendraient pas suffisamment).

A tirer des *airs* dans toutes les parties de moules, avant de les enlever pour démouler les modèles et après les avoir enlevés, en traçant autour de ceux-ci des sillons communiquant avec la couture des châssis.

A placer, au moment de battre les parties, des morceaux de bois cylindriques ou coniques qui indiquent la place des jets, des évents, des masselottes, etc., etc.

A trancher les moules, c'est-à-dire à creuser les canaux au moyen desquels le métal introduit d'abord par les trous qu'ont laissé les morceaux de bois cylindriques ou coniques, doit pénétrer dans les moules; — pour le sable vert, on a soin de faire cette opération avant de retirer les modèles. — Il est évident que les jets qui sont placés sur les pièces même, demandent seulement à être raffermis, épinglés et taillés en chanfrein à l'intérieur, de telle sorte qu'en les cassant, ils n'emportent pas un fragment de la pièce coulée. On fait bien en général, de laisser à tous les jets, évents ou masselottes, des chanfreins ou congés qui conservent, il est vrai, une petite épaisseur à buriner, mais qui permettent de donner aux pièces des angles bien plus vifs, et qui font éviter souvent les reti-

---

(1) Nous croyons devoir placer ici une observation concernant la manière de tirer l'air des noyaux. — Bien des mouleurs pensent qu'il est indifférent de bien choisir l'endroit de la pièce où l'air doit s'échapper; il résulte de cette opinion que les trous d'air sont quelquefois placés dans les parties les moins massives des noyaux, ce qui est contraire aux faits physiques qui doivent se passer au moment de la coulée. En effet, la quantité de gaz qui s'échappent d'un noyau, dépend de la masse de ce noyau; si donc, ces gaz qui se produisent rapidement, quand le moule reçoit la matière, doivent venir se réunir vers le point où leur passage est le plus étranglé, ils ne se dégagent pas assez promptement pour qu'il n'en reste plus dans le moule, quand celui-ci est empli. — Bien certainement, la disposition des modèles ne se prête pas toujours aux exigences du moulage, mais il est bon, toutes les fois que cela est possible, d'établir les orifices d'échappement des gaz dans les parties les plus matérielles des noyaux. Ainsi, pour un moule de statue assise ou posée sur un piédestal, il sera infiniment plus convenable de tirer l'air par la base, plutôt que par la tête.

rures qui tendent à se former aux environs des endroits par lesquels la matière a été introduite.

A placer les noyaux avec soin dans leurs portées, et à les consolider au moyen d'étançons si ces portées ne suffisent pas pour les faire demeurer fixes quand la fonte vient les entourer. — A *tamponner* les noyaux, c'est-à-dire à garnir leurs extrémités, de sable ou de terre, pour que la fonte ne s'introduise pas dans les trous d'air qui doivent arriver librement jusqu'à l'extérieur des moules.

Enfin, à garnir de sable délayé, les jonctions des châssis, afin d'éviter les fuites pendant la coulée. Cette précaution s'emploie de préférence pour les moules en sable d'étuve. Si le sable mouillé n'offre pas assez de résistance, on gâche les coutures des gros moules avec du plâtre. Au reste, ces opérations ne seraient pas suffisantes, si l'on n'avait soin de serrer les châssis les uns contre les autres, afin qu'ils ne se soulèvent pas par la pression du métal. — Les moules sont serrés par des crampons, des crochets, ou des sergents; on les met dans des presses, quand ils doivent être coulés debout. On les charge encore avec des gueuses, des gros morceaux de fonte, etc., etc. — Lorsqu'ils sont d'une certaine hauteur, lorsque les châssis présentent une grande surface et peu d'épaisseur, lorsque les chapes sont en terre ou en briques, on les enterre dans les fosses, en damant le sable avec le plus grand soin et aussi solidement que possible, mais en évitant toutefois de frapper avec les battes et les fouloirs, contre les parois des moules.

567. — *De la coulée des moules.* — La manière dont sont coulés les moules est de la plus grande influence sur leur réussite. On ne saurait apporter trop de soins au choix de l'emplacement des coulées. Il nous semble difficile d'établir à ce sujet des données générales, à cause de la variété des modèles qui peuvent se présenter dans les fonderies, mais nous pouvons dire que, sauf quelques exceptions, les mouleurs ont l'habitude de placer les jets dans les endroits des pièces les plus massifs et les moins délicats; d'éviter de faire tomber la fonte d'une trop grande hauteur; de donner au métal, lorsqu'il arrive dans les moules, une direction telle que sa chute ou son passage ne détériorent pas les parois ou les angles, et ne renversent pas les noyaux; de proportionner la grosseur des coulées au volume des pièces, parce qu'une coulée trop forte déparerait les petits objets et parce qu'une coulée trop faible, outre les inconvénients produits par l'arrivée lente de la fonte dans les moules, ne suffirait pas au tassement et donnerait des surfaces concaves, etc., etc.

568. — La position des évents n'a pas besoin d'être aussi rigoureusement déterminée; pour un grand nombre de pièces, ces accessoires sont inutiles et même quelquefois gênants. On les place ordinairement sur les parties élevées, où ils servent à la fois de dégagements d'air et de masselottes, sur les pièces longues, à l'extrémité opposée aux coulées pour qu'ils attirent la matière, sur les

pièces plates et d'une grande surface, directement, pour qu'ils servent à annoncer que la fonte a empli les moules et qu'en continuant à verser on ferait forcer les sables, etc., etc. Les masselottes servent principalement pour les objets coulés en chute, qu'on veut obtenir sains et dont il est nécessaire d'éviter le tassement. Quand le métal est introduit à la partie inférieure des moules pour remonter à la surface par la pression du jet, on dit que les coulées sont *en source* ou *à syphon;* si les jets sont placés sur les pièces elles-mêmes, les moules sont coulés *en chute;* ils sont coulés *à talon*, lorsque la fonte est dirigée par un canal tranché sur les bords de la pièce, avant de tomber dans le moule. — Par ce dernier moyen, les moules sont encore coulés en chute, lorsque la fonte tombe de haut. — Les évents sont placés à talon ou sur les pièces; on emploie rarement des évents en source. — Les masselottes ne se placent que d'une manière directe sur les parties massives, afin que leur pression soit plus efficace (1).

569. — Pour mieux renseigner nos lecteurs sur la manière de bien appliquer les jets, les évents et les masselottes, nous leur indiquerons les modes de coulée employés le plus ordinairement pour différentes pièces d'un moulage courant.

Les roues d'engrenages, les poulies et les volants, sont coulés par deux jets verticaux réunis dans un même bassin et donnant la fonte dans le moyeu ou par des attaques placées sur les secteurs que forment les entre-deux des bras. — Quand les noyaux de ces pièces sont d'un gros diamètre, on y établit la coulée qui distribue la matière par deux branches placées à syphon. — On met des évents aux roues, aux volants et aux poulies, sur le moyeu et sur la jante quand ils sont coulés par les bras et sur la jante seulement, quand ils sont coulés au centre.

Les flasques, les balanciers, les bâtis, etc., etc., en général toutes les pièces plates, sont coulées avec des jets à talon attaqués à plusieurs points des bords. La quantité de jets et d'évents à mettre, dépend des saillies de ces pièces et de leur étendue.

Les cylindres creux qui doivent être alésés, tournés ou dont la matière doit être très homogène et très serrée comme les cylindres pour les fabricants de produits chimiques, sont coulés debout, en source et avec de larges évents qui servent à la fois de dégorgeoirs et de masselottes (2). — Les cylindres de laminoirs,

(1) On comprend du reste, que l'influence des jets, des évents et des masselottes, est d'autant plus sensible que les dimensions des pièces sont plus grandes. Cette influence dépend encore du mode de moulage adopté; ainsi, on évite autant que possible de couler en chute, les moules en sable vert qui pourraient être facilement dégradés.

(2) Quand un cylindre creux est d'une certaine hauteur et quand il est coulé debout, la fonte tend à exercer sur le bas du noyau une certaine pression qui est de nature à le faire ouvrir par le haut et à donner au cylindre un intérieur conique. On remédie à cet inconvénient, en faisant le diamètre

les gros arbres, etc., etc., sont aussi coulés en source par des jets tangents et avec une énorme masselotte placée directement sur la partie supérieure. — Quelquefois on se contente de verser en chute par la masselotte qui sert alors de coulée (1).

Les cornues, les chaudières à recuire, les creusets, etc., dont le fond doit être extrêmement tenace parce qu'il reçoit toute l'action d'une température intense, sont coulés également en source et avec leurs noyaux suspendus, c'est-à-dire le fond en bas, toutes les fois que cette opération n'est pas trop difficile à pratiquer.

Les statues et les ornements en relief se coulent à syphon, ou avec des coulées à talons; rarement on fait tomber le métal avec chute. Les attaques doivent être d'autant plus multipliées que les pièces sont plus étendues et de peu d'épaisseur. On tranche les figures dans les draperies et dans les nuds qui sont d'une réparation facile quand les jets sont cassés; on place dans le fond des moules, les parties les plus délicates parce qu'elles viennent toujours mieux. Cependant, cette précaution s'emploie peu facilement pour les grosses pièces moulées par assises, et alors on a le soin de garnir de plusieurs évents, toutes les parties supérieures, afin de faire dégorger les scories, d'éviter les soufflures et de ne pas avoir de surfaces froides, c'est-à-dire sans netteté, à contours peu sentis et ne reproduisant pas complétement les détails des modèles.

Toute la marchandise creuse est versée en chute, les coulées plates et disposées en forme de coins dont la largeur augmente avec le diamètre des modèles, étant placées sur le fond des pièces entre les pieds. — Les poêles sont coulés de la même manière ou encore avec des jets à talon creusés dans le sable des lunettes. — Les chenets, les poissonnières, les réchauds, etc., etc., sont versés également avec des coulées plates. — Dans toutes ces pièces, comme d'ailleurs dans tous les objets minces et d'une grande surface, la fonte doit arriver avec la plus grande rapidité. — Un jet lent dégagerait à l'intérieur des moules, un

---

de la base inférieure du noyau un peu plus grand que celui de la base supérieure, de telle sorte que la compensation s'établisse à la coulée. — La différence à mettre entre les deux bases, dépend d'ailleurs avant tout de la hauteur, du diamètre et de l'épaisseur de la pièce à couler.

(1) Les canons sont coulés ainsi, et l'on conçoit de quelle solidité les moules doivent être pourvus. — Nous avons fait verser de cette manière et sans les enterrer, des moules de grands arbres et de cylindres de 5 à 6 mètres de hauteur. — On employait des châssis assemblés par coquilles de même forme que les modèles et contenant juste la quantité de sable nécessaire pour qu'on put le fouler facilement; le fond des moules était boulonné sur une épaisse plaque de fonte et les coutures étaient garnies de bandes en fer plat serrées par des vis de pression, et de plus retorchées avec du plâtre.

courant de vapeur qui refroidirait le métal et ne lui permettrait pas de les remplir entièrement. — Les chaudières de petites dimensions sont coulées comme les marmites; lorsqu'elles sont d'une grande capacité, on les coule à syphon, comme les cylindres creux, en ayant soin de mettre plusieurs évents sur le fond. — Les vases sont coulés quelquefois en chute avec un jet à talon; mais lorsqu'ils sont d'une certaine hauteur, on prolonge ce jet et on fait une attaque à la jonction du culot et de la tulipe.

Les tuyaux de descente sont coulés horizontalement, avec un ou deux jets plats comme ceux de la marchandise creuse; les plus longs sont remplis au moyen de deux poches à main.

Les tuyaux de conduite qui exigent une fonte d'une nature plus résistante puisqu'ils doivent recevoir souvent de fortes pressions, sont coulés à talon avec une tranche qui occupe environ le tiers de la circonférence de l'emboîtement sur les deux tiers de l'épaisseur du tuyau. Les moules de tuyaux de conduite sont remplis inclinés, et le degré de leur inclinaison est une chose essentielle à observer pour obtenir une bonne fabrication. — Le peu d'épaisseur de ces objets, ne permet pas à la fonte de remplir entièrement les moules, lorsque ceux-ci sont placés trop horizontalement; si au contraire, l'inclinaison est trop grande, la pression du métal occasione des bosses ou des sur-épaisseurs et par suite du fort-poids. Voici à quelle hauteur du sol, l'expérience nous a appris qu'il fallait placer la partie élevée des tuyaux de conduite d'eau et de gaz :

Le tuyau de	0,055	diamètre et de	2m	longueur,	0,583	du sol à	l'axe du noyau.
—	0,083	—	2m 50	—	0,666	—	—
—	0,111	—	—	—	0,694	—	—
—	0,138	—	—	—	0,694	—	—
—	0,166	—	—	—	0,721	—	—

Les balcons et tous les ornements plats d'une grande surface, sont coulés par deux jets à talon ayant chacun plusieurs attaques. — Les moules de ces pièces ont besoin d'être remplis rapidement et coulés d'un peu haut, si l'on veut que la fonte en remplisse tous les contours. — Enfin, toutes les petites pièces en sable vert, telles que palmettes, frises, balustres, etc., etc., sont coulées à plat et avec des jets à branches. Les objets en sable d'étuve, tels que des pitons de rampes, des lances, des pommes de pin, etc., etc., sont coulés aussi avec des jets à branches, mais dans des châssis à embouchures et serrés dans des presses. A toutes ces pièces, comme d'ailleurs, aux tuyaux, aux vases, à la marchandise creuse, on ne met pas d'évents.

570. — En ayant égard aux deux règles générales que nous avons données (567-568) et d'après les quelques exemples qui précèdent, il sera facile de dé-

terminer le mode de coulée à employer pour toutes les pièces qui se présenteront, en établissant des rapprochements et en agissant par voie de comparaison. Nous n'insisterons donc pas d'avantage sur ce point essentiel et nous nous bornerons à rappeler aux fondeurs qu'il convient de cuber leurs modèles, avant de procéder à la coulée des moules, s'ils veulent ne pas manquer leurs pièces, faute de fonte, ou mettre en fusion inutilement des quantités de matière qu'ils sont souvent obligés de couler en saumons. — On cube les modèles par les procédés géométriques connus, et pour obtenir le poids des pièces à couler, on multiplie le résultat des cubes, par la pesanteur spécifique du métal employé. On a l'habitude d'ajouter au produit, environ 1/6ᵉ à 1/5ᵉ pour le déchet, les jets et l'assurance (1). — Il est possible d'éviter le cubage qui devient ennuyeux et difficile à pratiquer, lorsqu'il s'agit d'objets de petites dimensions et présentant de nombreux contours, en se servant d'une cuve qui contient de l'eau jusqu'à une certaine hauteur et dont la partie vide est graduée en décimètres et en centimètres cubes. Les modèles à couler sont plongés dans l'eau dont le niveau s'élévant d'une certaine quantité, suffit pour indiquer le volume exact de ces modèles.

Mais tous les fondeurs ne savent pas cuber et il est d'ailleurs des modèles de formes tellement compliquées que leur cube serait difficile à obtenir d'une manière exacte. — On a l'habitude alors d'avoir égard à la matière qui compose le modèle dont on veut avoir le poids; on voit combien de fois la densité de cette matière est contenue dans celle du métal à couler et c'est par le quotient obtenu qu'on multiplie le poids du modèle pour avoir celui de la pièce en métal. C'est ainsi que les ouvriers fondeurs multiplient par 9 ou par 10 le poids des modèles en chêne, par 11 ou par 12 le poids des modèles en sapin, etc., etc., pour obtenir le poids des pièces en fonte; mais nous avons remarqué avec peine, que le plus souvent ils ne se rendaient pas compte de ces opérations et qu'ils ignoraient qu'elles devaient avoir lieu parce que le chêne est 9 ou 10 fois moins lourd que la fonte, le sapin 11 ou 12 fois, etc., etc.

Nous pensons que le petit tableau suivant indiquant les pesanteurs spécifiques

(1) Les fondeurs entendent par *assurance*, une certaine quantité de matière qui est fondue en addition à la dose strictement nécessaire pour la pièce, les jets et le déchet, afin de parer aux accidents qui pourraient subvenir pendant la coulée. Ces accidents que les fondeurs prévoyants et habiles éprouvent rarement, suffisent quelquefois pour faire manquer les pièces; ce sont les fuites par les jonctions des châssis ou par les fissures des noyaux, les bosses ou les sur-épaisseurs qui surviennent aux parties des moules qui forcent sous la pression du métal, parce que le tassement a été mauvais, parce que les châssis sont peu solides ou parce que les moules sont mal assis sur leurs garnitures, les pertes de matière, lorsqu'elle est rejetée hors des coulées par l'air qui n'a pas trouvé assez d'issues pour s'échapper, etc., etc.

des différentes matières qui servent le plus habituellement à la confection des modèles, pourra être utile à nos lecteurs en leur rappelant des chiffres qu'ils n'ont pas toujours en mémoire et qu'ils seraient obligés de chercher dans les traités spéciaux. Quelques-uns de ces chiffres résultent d'ailleurs d'expériences que nous avons faites personnellement et qui n'ont point encore été données dans aucun ouvrage :

	VERT.	SEC.		VERT	SEC.		
Chêne rouvre. . .	1,18 —	0,82	Charme.	0,91 —	0,74	Briques employées au moulage à Indret.	0,94
— blanc. . .	1,11 —	0,75	Sapin commun. .	0,87 —	0,53	Terre glaise d'Indret.	2,00
Poirier	1,13 —	0,70	— épicea. . .	0,82 —	0,49	Maçonnerie en briques (encore fraiche)	1,87
Buis	1,18 —	0,95	Pommier.	0,08 —	0,74	Chaux ordinaire (éteinte). . .	2,31
Châtaignier. . . .	0,95 —	0,60	Tilleul	0,76 —	0,51	Terre à mouler (humectée pour le moulage)	2,30
Noyer.	0,95 —	0,66	Saule	1,00 —	0,46	Terre à mouler (séchée). . . .	1,30
Orme.	0, » —	0,60	Fer forgé (2). . .	—	7,78	Sable foulé à vert.	1,30
Peuplier blanc. .	0,91 —	0,54	Acier	—	7,84	Le même bien foulé pour l'étuve	1,65
— noir . .	0,87 —	0,41	Argile des potiers	—	1,75	Le même bien foulé et séché. .	1,22
Frêne.	0,92 —	0,75	Modèles en plâtre.	—	1,51		
Hêtre.	1,15 —	0,75	Cire de modeleur.	—	0,98		
Erable	0,88 —	0,78					

Toutes ces densités sont extrêmement variables à cause de la quantité d'eau qui est absorbée par les corps dont nous parlons et à cause des changements que peuvent subir les bases qui les composent. — On n'emploie les bois verts pour la fabrication des modèles que rarement et quand il est impossible de s'en procurer d'autres. — Les bois entièrement secs ne sont pas non plus très communs. Il est bon alors de choisir une densité moyenne qui dépende de l'état des matériaux ; on a égard aussi aux procédés de moulage et on force un peu les résultats quand les moules sont faits en sable vert. Au reste, voici quelques-uns des chiffres que nous avons adoptés le plus fréquemment dans les travaux et qui nous ont donné des résultats d'une exactitude convenable et tout à fait en rapport avec ceux que nous obtenions au moyen des cubes multipliés par la densité du métal à couler : pour 1 kilog. de sapin mouillé 10 kilog. de fonte de fer ; pour 1 kilog. de sapin sec, 11 kilog. ; pour 1 kilog. de noyer humide, 7 à 8 kilog. ; pour 1 kilog. de noyer sec, 8 à 9 kilog. ; pour 1 kilog. de chêne, 9 à 10 kilog. ; pour 1 kilog. de terre à noyau, bien séchée, 6 à 7 kilog. ; etc., etc.

571. — *Des accidents auxquels sont sujettes les pièces coulées.* — En énumérant

(1) Nous avons donné aux paragraphes 18, 397, 400, 414 et 421, les pesanteurs spécifiques de la ote de fer, du cuivre, de l'étain, du zinc et du plomb.

les nombreux accidents qui attendent le fondeur dans son travail, nous pourrons encore jeter quelque lumière sur les opérations du moulage souvent si détaillées, si difficiles à pratiquer, et d'une réussite si incertaine. Aucune industrie n'est soumise à plus de déceptions que la fonderie; quels que soient les soins qu'il apporte à la confection des moules, l'ouvrier le plus expérimenté n'arrive jamais à une perfection complète dans tous ses travaux. Il est facile à comprendre du reste, que cette perfection n'est pas même exigible avec les procédés actuels de moulage et que pour l'obtenir il faudrait opérer avec des creux inaltérables; or, nous avons expliqué quels étaient les nombreux inconvénients des moules métalliques.

Les *soufflures* sont occasionées par des bulles d'air qui n'ayant trouvé aucune issue pour s'échapper des moules, viennent se loger à la surface des pièces coulées où elles sont recouvertes le plus souvent d'une pellicule mince qui crève à l'ébarbage et qui laisse des vides d'un aspect peu agréable. Les soufflures sont toujours placées à la partie supérieure des pièces et cela est facile à comprendre d'après les causes mêmes qui leur donnent naissance. Elles sont quelquefois assez peu sensibles pour ne pas déparer l'extérieur des objets qui doivent rester bruts et on ne les découvre qu'à la suite du travail des tours, des machines à raboter, à aléser, etc., etc. Les bulles d'air ne sont pas produites que par le manque d'orifices pour l'échappement des gaz hors des moules et des noyaux, elles proviennent encore d'une trop grande quantité d'eau mêlée au sable, d'un sable trop gras, trop serré ou mal séché, d'un métal coulé à une température trop basse, d'évents et de coulées d'ouvertures trop faibles et mal placées, etc., etc. On trouverait peu de pièces exemptes de soufflures si l'on devait les blanchir complètement dans toutes leurs parties; mais comme on sait à l'avance les endroits qu'il est utile d'obtenir sains, on a soin de les placer dans les parties inférieures des moules; ainsi les plateaux de presses, les mandrins de tours, etc., etc., sont coulés avec la surface à tourner renversée en dessous ou bien fortement inclinée, ainsi les cylindres, les arbres, etc., etc., qui doivent être alésés ou tournés sont coulés debout, etc., etc. — Quand ces défectuosités ne doivent être visibles qu'après le travail de l'ajustement, il est assez rare que les fondeurs s'aperçoivent au moment de la coulée, si elles devront exister; la surface des jets ne trahit alors aucun bouillonnement et demeure le plus souvent dans une tranquillité complète. Mais si les soufflures, aux quelles dans la circonstance qui précède on donne de préférence le nom de *piqûres* deviennent plus graves, on voit les gaz s'élancer rapidement et en sifflant hors des jets et des évents, la fonte bouillonner et être rejetée au loin. Il est facile de préjuger à la gravité de ces symptômes, ce que l'on doit attendre de la pièce coulée; si le moule est en sable vert, s'il est rempli de noyaux, si les bouillonnements sont fréquents et de plus en plus considérables, il vaut mieux cesser la coulée plutôt que d'exposer les ouvriers à se brûler, en persistant à

remplir un moule qui se vide au fur et à mesure qu'on y verse de nouvelle matière; au reste, la nature du moule ne résiste pas à l'action de pareilles secousses, les sables sont détachés, les dartres se forment et la pièce est défectueuse quand même on parvient à remplir les jets. On peut quelquefois arrêter les bouillonnements, en recouvrant les coulées et les évents, au moment où ils commencent à s'agiter, d'une pellée de sable sur laquelle on appuie avec force pour s'opposer au débordement de la matière; mais cette précaution n'est pas toujours efficace et d'une application facile. — En général, les ouvriers qui ont fabriqué les moules sont les plus aptes à apprécier les remèdes à apporter en pareil cas, puisqu'en se raisonnant leur travail, ils peuvent à l'instant se rendre compte des causes probables qui ont amené le soufflement; ils doivent savoir s'il convient de continuer à couler, après avoir bouché les issues par lesquelles le métal pourrait s'échapper; ou d'abandonner le moule. Il est juste de dire que l'application de ces moyens dépend beaucoup du mode de moulage adopté et qu'on parviendra à sauver plus facilement une pièce moulée en sable d'étuve ou en terre, qu'une autre coulée dans un moule en sable vert, dont les parois sont bien moins solides.

572. — La plupart des personnes étrangères aux travaux de la fonderie, appellent encore soufflures, les *retirures* provenant du tassement des métaux. Les retirures offrent des surfaces raboteuses, arrachées et fouillées, à la vue desquelles il est facile de ne pas se tromper, puisque les soufflures présentent toujours des cavités parfaitement unies et recouvertes ordinairement d'une faible épaisseur de matière. Quand les moules se vident soit partiellement, soit tout à fait, il n'y reste alors qu'une croute mince de métal qui se brise en la débarrassant du sable et qui présente intérieurement une surface inégale dont il est aisé du reste, de faire la différence avec celle que présentent les retirures.

L'effet du tassement est d'ailleurs sensible de deux manières, à l'intérieur des pièces et à leur extérieur; on reconnaît le premier de ces effets aux signes dont nous avons parlé et on le retrouve principalement au cœur des pièces, dans les environs des points de jonction des diverses parties de ces pièces. Il est dû au tirage qu'exercent toutes ces parties les unes sur les autres, à l'impureté de la matière ou à son trop de liquidité. — Le tassement à la surface se produit de préférence dans les endroits les plus volumineux des objets coulés; on le reconnaît par des cavités dont les bords viennent se confondre avec les parois des pièces et qui présentent une couleur plus bleue et plus brillante que celles-ci. On évite le tassement, en employant des jets, des évents et des masselottes d'une grosseur suffisante et appliqués aux parties les plus massives, en coulant les pièces debout, en retournant les moules quelques instants après la coulée quand on voit que le métal figé dans les jets, ne l'est pas encore à l'intérieur, en coulant avec une fonte peu chaude et doucement, etc., etc. — Quand les jets et les évents ne sont

pas assez gros pour bien fournir la matière, les retirures s'y portent ordinairement et on les découvre soit dans les environs de ces accessoires, soit dans leur milieu, quand ils ont été enlevés au ciseau.

573. — Les *dartres* ou *tacons* prennent naissance à la suite d'un manque de cohésion dans les couches de sable, soit que celui-ci ait été employé trop maigre, soit qu'il n'ait pas été assez mouillé, soit qu'il ait été mal foulé. Quand les sables sont convenablement travaillés, quand ils sont assez argileux pour prendre de la consistance, les dartres proviennent encore d'un manque de trous d'air, de jets mal placés donnant la fonte avec trop de chute ou la dirigeant trop brusquement vers des parties délicates et pouvant se détériorer facilement. Quand les arêtes des moules ont été raccordées et quand on n'a pas eu le soin de reposer les châssis les uns sur les autres et de les relever avant de les fermer définitivement pour la coulée, les parties verticales forcent, se crèvassent et s'écaillent, ce qui donne encore lieu à des dartres. Les tacons sont plus communs pour les moules en sable vert que pour ceux en sable d'étuve, et c'est chose aisée à comprendre par la différence de solidité que présentent ces deux procédés de moulage. — En épinglant avec soin les parties qui reçoivent la chute du métal ou sa pression constante pendant tout le tems de la coulée, en évitant les interruptions dans le jet, on peut prévenir ces accidents, si l'on a soin de se maintenir dans les conditions favorables que nous venons d'exposer et dont l'absence est toujours une cause de mauvaise réussite. Et l'on ne saurait trop prendre de précautions pour se prémunir contre les dartres qui, si elles ne font pas manquer entièrement les pièces coulées, les défigurent quelquefois et leur ôtent toujours de la netteté. En effet, les sables qui sont enlevés quand les dartres se forment, laissent à leur place des épaisseurs qu'on est obligé de buriner, et vont se loger dans les parties supérieures des pièces où ils forment des vides qu'on ne peut jamais bien dissimuler avec le mastic.

574. — Dans les hauts-fourneaux, les sableurs donnent le nom *d'emboilures* aux dartres qui se forment aux environs des jets. — Ces dartres se produisent principalement par un jet versé de trop haut ou mal dirigé, par des coulées peu solides, mal évasées et d'un orifice trop faible à l'endroit où elles rencontrent les pièces. Les emboilures sont à craindre surtout pour les pièces coulées en chute et avec rapidité; c'est dans le but de les éviter que les mouleurs de pièces de vaisselle, entourent leurs jets d'une poignée de sable fort, et qu'ils abattent en chanfrein, à l'intérieur de la chape, les bords de ces jets, avant de retirer les lames de bois qui servent à en fournir les empreintes.

575. — Les *bosses* sont des défectuosités qu'on rencontre particulièrement dans les pièces moulées en sable vert. Elles ont lieu quand les sables sont foulés inégalement ou quand leur compression n'a pas été assez forte en égard au volume des pièces et à leur position pendant la coulée. — Les bosses, dans le sable

d'étuve, ne peuvent provenir que de parties de moules qui forcent parce qu'elles sont mal assises sur leurs garnitures, parce que ces parties ont peu d'épaisseur, sont mal chargées ou mal enterrées, enfin parce que les châssis ne sont pas suffisamment consolidés à l'intérieur par des cloisons ou des barres. Ces derniers accidents sont du reste partagés grandement par le moulage en sable vert.

576. — Les *reprises*, les *friasses* et les *flous*, sont des accidents qui tiennent tous à peu près des mêmes causes. Ils sont dûs à un métal trop froid, à des sables trop serrés, trop mouillés, ou manquant de trous d'air, à un jet trop lent ou interrompu, enfin à des coulées mal disposées ou trop faibles, lorsque les pièces surtout sont de peu d'épaisseur et présentent de nombreuses saillies ou des nervures élevées. — Les reprises se distinguent par des couches de matière superposées et manquant de liaison entr'elles; elles nuisent à la solidité des pièces en les mettant souvent hors d'état d'être utilisées. — Les friasses sont moins à craindre; elles ne se montrent qu'à la surface et quelquefois il suffit d'une dose un peu forte de poussier ou de sable sec secoué sur les moules d'objets minces, pour les faire se produire. — Les flous, dans certaines circonstances où ils sont amenés par le manque d'issues pour l'échappement de l'air ou parce que le métal n'avait pas assez de chaleur pour le forcer à se dégager rapidement, ressemblent assez aux soufflures; ils sont entremêlés de cavités recouvertes d'une légère peau et de gouttes froides. — Lorsque les angles viennent arrondis, lorsque les reliefs sont mal rendus, ce qui provient essentiellement du manque de chaleur de la matière ou d'un mauvais arrangement des coulées, on dit encore que les objets sont venus *flous* ou *froids*.

577. — Les accidents que nous venons de signaler, dépendent de causes si nombreuses et si souvent soumises à des effets physiques qu'il est quelquefois difficile de bien apprécier, que les mouleurs les plus habiles et les plus expérimentés ne s'en mettent pas toujours à l'abri, quelles que soient les précautions et les soins apportés dans leurs opérations.

Le moulage en sable vert, bien plus que tous les autres, est soumis aux influences à la suite desquelles naissent les défectuosités dont nous avons parlé. Les difficultés qu'il présente ne permettent pas de le confier à des ouvriers d'une capacité douteuse, et c'est par cette raison qu'il n'a pas acquis encore toute l'extension qu'il aurait dû atteindre. On lui préfère avec justice, pour les pièces importantes de machines, le moulage en sable vert étuvé qui, bien qu'un peu plus coûteux, donne des produits d'une supériorité tellement incontestable, que l'excédant de dépense occasioné par le séchage, est largement compensé.

Il est encore quelques accidents auxquels sont sujettes les pièces coulées, mais ceux-là sont plus faciles à prévoir et par suite à éviter.

Les objets moulés sont *variés* ou *mâchés* lorsque leurs coutures ne se correspondent pas parfaitement et forment des différences d'épaisseur qui rendent

quelquefois les pièces impropres à l'usage qu'on leur destine, et qui nuisent toujours à leur netteté et à leur forme, quand même elles sont réparées au burin et à la lime. Les coutures variées peuvent s'éviter si l'on emploie des châssis repérés avec soin, si les pièces de rapport sont bien mises en place, si les bords des moules sont réparés de manière à ne pas changer les formes des modèles. On conçoit qu'elles sont plus à craindre pour les objets qui laissent une empreinte d'une certaine profondeur, dans chaque côté de moule, que pour celles qui ne sont recouvertes que d'une partie plane.

578. — Les fondeurs ont encore à craindre de voir certaines pièces se casser au retrait. Quand la qualité de la fonte est convenable, cet inconvénient ne peut provenir que de modèles mal proportionnés. Nous excepterons cependant les pièces régulières moulées avec noyaux en terre ou en sable étuvé, lesquels présentent une certaine résistance qui, s'opposant à la contraction du métal, pourrait en provoquer la rupture. On a soin, lorsqu'il s'agit d'objets semblables, de vider les noyaux, sinon totalement, du moins en partie, afin d'enlever tous les obstacles qui pourraient nuire au retrait.

Les proportions à donner aux modèles dépendent principalement de la forme de ces modèles. Il faut éviter le trop brusque passage d'une partie mince à une partie beaucoup plus épaisse, renforcer par des nervures les portions de courbes qui tendraient à se redresser en se refroidissant, placer des noyaux dans les endroits qui par leur masse pourraient provoquer un trop grand tirage, toutes les fois cependant que cela est possible, sans nuire à la forme et à la solidité des pièces, etc., etc.

Dans la combinaison des modèles pour la fonderie, les formules de mécanique ne doivent pas toujours être exactement suivies. — Au moyen du calcul, il est certainement fort convenable de déterminer les dimensions des pièces, eu égard au travail qu'elles doivent remplir; mais ces calculs qui sont fondés sur la résistance des matériaux ne sont pas étayés par les lois physiques qui règlent la dilatation et la contraction des métaux. On admet que, toutes choses égales d'ailleurs, la fonte, le cuivre, etc., etc., doivent supporter sur une section donnée, une certaine charge; mais nous savons comment sont faites en général, les expériences à la suite des quelles sont amenés les chiffres qui doivent servir de base aux calculs. Les métaux à essayer sont le plus souvent coulés dans une position verticale, position qui tend à augmenter la force de cohésion en favorisant le tassement et qui donne aux barres le maximum de ténacité et d'homogénéité qu'elles peuvent obtenir. Or, la plupart des pièces de fonte ne sont pas coulées dans la situation favorable que nous précitons, parceque leurs formes ou leurs dimensions s'y opposent; elles renferment en outre, pour le plus grand nombre, des noyaux qui, quels que bien séchés qu'ils puissent être, ne laissent pas que de fournir à l'intérieur des moules une certaine quantité de gaz qui ne se dégagent

pas toujours complètement et qui forment des piqûres nuisibles à la solidité des pièces ; elles sont sujettes à des refroidissements inégaux qui occasionent de vifs tirages des portions les plus massives sur celles qui sont moins épaisses ; elles offrent quelquefois une surface assez étendue pour que les impuretés de la matière puissent aller se loger dans certaines parties dont elles altèrent la solidité, etc., etc. — Toutes ces circonstances réunies doivent être prises en considération par les constructeurs de machines; un peu d'habitude et d'expérience leur suffisent bientôt pour les mettre à même de modifier les résultats des calculs, en se pliant aux exigences des besoins de la fonderie, sans toutefois nuire aux conditions de résistance que peuvent demander leurs travaux.

Les pièces qui pèchent le plus souvent par défaut de combinaison sont les roues d'engrenage, les poulies, les volants, etc., dont le moyeu et la jante quelquefois trop forts font casser les bras, ou dont le moyeu et les bras beaucoup plus massifs que la jante tirent sur celle-ci et la brisent. — Les fondeurs remédient à ces inconvénients en découvrant les parties les plus épaisses, en dégageant leurs noyaux quand elles en ont, en les mouillant pour avancer leur refroidissement, en noyant dans la fonte des crampons en fer aux endroits susceptibles de venir cassés, en liant les parties minces par des attaches qui les consolident au moment du retrait et qui sont coupées à l'ébarbage; en cassant à chaud les jets et les coulées qui par leur résistance entre les sables pourraient s'opposer aux effets de la contraction; en traçant des jets de retraite, (1) etc., etc. — Lorsque les mécaniciens veulent donner des couronnes très-épaisses à leurs volants et des bras très-minces, ils font couler ces volants en plusieurs parties séparées, ou bien ils autorisent les fondeurs à les couper à un endroit de la jante qui s'écarte au moment du retrait et dont le vide est garni ensuite avec du zinc ou avec une lame de plomb.

579. — Le *gauchissement* des pièces est amené par des causes qui diffèrent peu de celles qui produisent la rupture. Quand les modèles manquent d'unité dans leurs proportions, le tirage exercé par les points les plus massifs tend à rendre gauches les parties les plus faibles, s'il ne les fait point casser. Quelquefois le gauchissement provient d'un refroidissement trop instantanné et c'est pour cette raison qu'on agit prudemment en laissant refroidir dans les moules, où elles sont à l'abri du contact de l'air, les pièces minces et d'une grande surface. La qualité de la fonte, la mauvaise disposition des coulées ou leur trop de grosseur, par rapport au volume des objets, etc., sont encore des raisons qu'on peut admet-

(1) Les jets de retraite sont principalement usités pour la fonte de cuivre; nous y reviendrons plus loin.

tre, pour expliquer le gauchissement. Il est bon de prendre, pour se garantir de cet inconvénient, les mesures dont nous venons de parler au paragraphe précédent; mais la nature de ces mesures ne peut se déterminer que d'après les circonstances qui les nécessitent.

Dans les hauts fourneaux où l'on coule des plaques à découvert, on éprouve souvent beaucoup de difficultés pour obtenir ces pièces parfaitement planes. Les moyens employés pour parvenir à ce but, sont ordinairement ceux-ci : recouvrir de sable et charger les plaques sur la couche, jusqu'à ce quelles soient refroidies; les dresser sur champ, afin que leurs deux faces se refroidissent simultanément; enfin, les mettre en presse et les tenir serrées entre deux plateaux bien dressés, tant qu'elles conservent encore de la chaleur.

580. — Pour terminer nos longues explications sur les principaux accidents que peuvent éprouver les pièces coulées, il nous reste à parler du durcissement de la fonte, auquel nous avons consacré déjà le paragraphe 22, dans notre première partie.—Le durcissement, quand la fonte est grise et de bonne qualité, est dû presque toujours, au trop d'humidité des sables, à un démoulage trop immédiat après la coulée, à des jets placés trop loin des extrémités des pièces, enfin à une trop grande proportion de houille pulvérisée dans le mélange des sables. — Il est évident que cet inconvénient est surtout à craindre pour les objets minces et délicats, et c'est pour cette raison, que ces objets sont coulés de préférence en sable d'étuve et avec des jets plus multipliés qu'il ne serait nécessaire, si l'on avait d'autre but que celui de remplir les moules. On ne peut remédier au durcissement que par le recuit; mais cette opération qui peut se pratiquer facilement pour des pièces de petites dimensions, deviendrait trop difficile et trop coûteuse, si elle devait avoir lieu sur de grands objets. Il faut donc se borner dans ce dernier cas, à se placer dans les conditions les plus favorables au moulage et à la coulée.

581. — On obtient encore en fonderie, des pièces défectueuses, par un grand nombre de causes sur lesquelles nous ne nous étendrons pas, ces causes ne résultant d'ailleurs que de l'incurie ou de l'incapacité des ouvriers mouleurs. Ainsi les objets coulés peuvent être rendus malpropres, si toutefois ils ne sont pas mis hors de service, par des surfaces, des moulures ou des angles mal ragréés, par des moules mal lissés au poussier, mal passés à la couche ou mal flambés, par des coulées trop grosses ou placées dans des endroits délicats où le burin et la lime parviennent difficilement à les faire disparaître et où elles enlèvent quelquefois, lorsqu'elles sont cassées, un morceau de la pièce, par des coutures mal dépouillées (1), et susceptibles de défigurer les objets ou de nuire à la ren-

(1) Dans les pièces ornées, on fait en sorte de placer les coutures sur les parties unies afin

trée des noyaux, par du sable tombé dans les moules quand on descend les noyaux au moment du remmoulage, par des pièces de rapport mal mises en place ou mal fixées aux côtés de moules, par des scories qui s'introduisent dans les jets, quand le métal est mal cramé en le coulant, etc., etc.

582. — *Quelques mots sur les fontaines de la place de la Concorde.* — Dans les pages qui précèdent, nous avons expliqué séparément les différents modes de moulage et nous avons fait pressentir qu'on pouvait employer en certaines circonstances, la réunion de plusieurs des procédés indiqués. Les nombreuses pièces en fonte des fontaines de la place de la Concorde à Paris, nous ont offert dans les ateliers de Tusey, une application complète de presque toutes les méthodes usitées, soit séparément, soit réunies. — Les fontaines de la Concorde sont connues, sans doute, d'un grand nombre de nos lecteurs et nous espérons qu'ils verront avec plaisir le résumé très-court des moyens que nous avons mis en œuvre, pour conduire à leur fin des travaux qui, bien certainement, sont des plus importants parmi ceux qui ont été jusqu'à présent exécutés en fonte de fer.

Chacune des fontaines repose sur une embase à stalagmites qui supporte huit proues de vaisseaux aux armes de la ville de Paris; cette embase est comblée en maçonnerie et recouverte d'un soubassement hexagone qui sert de siége à six grandes statues dont les pieds reposent sur le socle des proues de vaisseaux, et entre lesquelles se trouvent placés six dauphins destinés à jeter l'eau.

Le soubassement supporte encore un pied'ouche dans lequel vient s'emboîter la grande vasque qui est coulée en quatre parties, savoir : le culot et le couronnement qui est divisé en trois secteurs égaux.

Un deuxième pied'ouche plus petit que le précédent est ajusté sur la grande vasque et soutient la vasque supérieure sous laquelle sont placés trois petits génies séparés par trois cygnes qui supportent des coquilles et par des guirlandes de fleurs et de coquillages. Tout cet édifice repose d'ailleurs au milieu d'un grand bassin en maçonnerie, qui contient trois tritons et trois néréïdes soutenant des poissons dont les narines lancent de l'eau et qui est entouré de douze bornes recouvertes de couronnements en fonte.

Tous les modèles à l'exception de ceux des tuyaux de distribution et des plaques cannelées servant de recouvrement aux orifices des escaliers qui conduisent sous les travaux, étaient faits en plâtre et préparés à l'avance pour l'ajustement.

---

qu'il soit plus facile de les réparer; on évite de donner aux pièces de rapport des angles vifs présentant peu de solidité et on diminue leur nombre, autant qu'il est possible de le faire sans nuire au démoulage du modèle.

— Les pièces en fonte, au fur et à mesure de leur fabrication, étaient assemblées et montées à l'usine.

L'embase à stalagmites fut moulée en terre, chacune des six faces étant comprise dans une armature destinée à soutenir la terre et pouvant s'assembler avec les faces voisines au moyen d'oreilles et de boulons. — Le noyau fut fait en sable dans le moule et tiré d'épaisseur à la main. Pour la coulée, le moule fut enterré et recouvert de galettes en terre.

Le moulage du soubassement fut aussi exécuté en terre, d'une manière à peu près semblable, le noyau seul demandant des soins plus particuliers parce qu'il contenait une réunion compliquée de nervures destinées à donner de la solidité à la voûte de cette pièce, sur laquelle pèse toute la charge de l'édifice. — Les nervures furent faites en bois et disposées de manière à se retirer en différents sens; on les mit en place avant de fouler le noyau qui fut armé solidement à l'intérieur et dont la partie supérieure servant d'emboîtement au dé de la grande vasque, fut achevée à la trousse et recouverte d'une partie de châssis.

Les grandes statues furent moulées par assises assemblées dans des coquilles en plâtre; on les coulait debout par des jets attaqués au bas de la draperie, dans le dos et à la hauteur des épaules. — Les noyaux étaient foulés en sable dans les moules et tirés d'épaisseur à la main; ils reposaient sur la partie ouverte qui devait servir d'assise aux statues sur le soubassement. L'air était tiré par dessous.

Les tritons, les néréides et les génies ont été exécutés en châssis et coulés horizontalement, le noyau reposant pour les premiers, sur l'ouverture ménagée pour l'ajustement des queues et des bras, et pour les derniers, sur des supports en fer dont le passage fut bouché après coup.

Le culot de la grande vasque, dont l'intérieur était divisé en six compartiments par des nervures servant à le renforcer, fut moulé en châssis, les ornements coulés en dessus et le noyau étant par conséquent fixé au sol. — Comme le châssis fait d'une seule pièce aurait été très difficilement maniable, on l'avait partagé en deux parties suivant le diamètre et ces deux parties furent enlevées séparément pour recevoir les pièces de rapport. — Le noyau fut fait en six secteurs dans une boîte qui prenait la forme de l'un deux et dont la partie supérieure était disposée pour qu'on pût y promener une trousse.

Les trois parties du couronnement de la grande vasque et la vasque supérieure, furent moulées de la même manière; mais les noyaux n'ayant pas de nervures à l'intérieur, on se contenta de les faire à la trousse.

Le pied'ouche soutenant la grande vasque fut moulé par assises et avec coquilles en plâtre, le noyau étant fait en briques et troussé. — Le plus petit pied'ouche supportant la vasque supérieure fut moulé en châssis avec noyau en terre sur lanterne, et coulé horizontalement.

On moula aussi en châssis les proues de vaisseaux dont les noyaux furent foulés en sable dans les moules et tirés d'épaisseur à la main; il en fut de même des couronnements de bornes, des dauphins, des cygnes, des coquilles et des guirlandes.

Les plaques de recouvrement des escaliers et les tuyaux de distribution furent moulés en sable vert, ces derniers ayant pour les parties droites, des noyaux en terre troussés sur lanternes, et pour les parties cintrées, des noyaux en terre calibrés sur des plaques de fonte de même forme qu'eux.

Les petits moules étaient séchés dans les étuves et les gros moules dans les fosses ou sur place. — On soufflait avec la bouche du noir et de l'huile sur les parties ornées qui ne pouvaient pas être flambées à la résine. — Le plus grand nombre des travaux étaient marchandés et ils s'achevèrent avec une grande rapidité. — Une statue et quelques petites pièces sans importance, furent seulement manquées. — Tous les moules par assises ou en terre étaient coulés dans les fosses où on les entourait de sable foulé.

Les pièces des fontaines étaient coulées avec des fontes de pays et des fontes anglaises (332). — Les sables employés pour le moulage, étaient choisis dans les environs et se composaient en grande partie des sables de Couzances (Haute-Marne) (1). — La plupart des châssis dont nous nous sommes servis ont été faits suivant les formes et les dimensions des modèles.

MOULAGE DES OBJETS EN FONTE DE CUIVRE.

583. — *Quelles sont les méthodes employées pour ce moulage.* — Le moulage des pièces en cuivre peut s'exécuter par les mêmes procédés que celui des objets en fonte de fer, mais on emploie plus généralement le moulage en sable d'étuve, parce qu'il fournit des résultats plus convenables sous le rapport de la netteté et de la qualité.

On obtient assez difficilement du cuivre bien sain en sable vert, et cela est facile à comprendre, si l'on réfléchit que la température de ce métal étant beaucoup moins élevée que celle de la fonte, ne lui permet pas de dégager avec assez de rapidité, les vapeurs produites par l'humidité du sable.

On pratique assez volontiers le moulage en terre pour les pièces de formes

(1) Un grand nombre d'usines de la Haute-Marne, de la Meuse et des Vosges, situées dans un rayon même assez éloigné, emploient les sables de Couzances qui sont également convenables pour le moulage à vert et pour le moulage d'étuve. Ces sables sont de couleur verte et c'est avec eux qu'on a commencé en Champagne, les premiers essais de moulage non séché. — Nous avons toujours pensé qu'on devait rechercher là l'origine du *sable vert* épithète, qui du reste, trouverait difficilement un autre explication. Peut-être aussi a-t-on voulu entendre par là, une désignation analogue à celle qu'on entend par *bois verts* quand il s'agit de bois qui ne sont pas séchés.

régulières qui peuvent se mouler à la trousse, mais il est bon d'opérer une dessiccation complète et d'employer des terres maigres mélangées avec une forte proportion de crottin de cheval, si l'on veut obtenir des pièces sans soufflures.

Les sables nécessaires au moulage du cuivre, ne doivent pas non plus être argileux; on évite de les mouiller beaucoup et on ne leur donne du *corps* qu'autant qu'il en est besoin, pour qu'on puisse les faire tenir dans les châssis. Quand ils sont trop gras, on fait toujours bien d'y joindre une certaine addition de poussier de charbon de bois pour les rendre plus faibles.

Les moules métalliques pourraient être d'un plus grand usage pour la fonte du cuivre que pour celle du fer; ils n'ont pas l'inconvénient de produire une trempe qui durcit la matière, et si l'on avait soin de les tenir à une température élevée au moment de la coulée, il est un grand nombre d'objets qu'on pourrait fabriquer de cette manière. L'étain, le zinc et le plomb peuvent encore plus facilement être versés dans des moules en métal et ces opérations sont souvent pratiquées. — Lorsqu'on les coule dans le sable, il est convenable d'apporter les mêmes précautions qu'exige le cuivre, pour le choix des sables et pour leur degré d'humidité, ces métaux entrant en fusion à un point de chaleur bien moins élevé encore que ce dernier.

584. — Les moules en sable pour le cuivre, sont préparés exactement de la même manière que ceux destinés à la fonte de fer.

On les recouvre, pour faire décaper la matière, d'une couche de cendres de bois dur délayées dans de l'urine, dans du lait et même dans de l'eau; dans ce dernier cas, on ajoute à la couche une petite quantité d'amidon cuit. Si les surfaces sont délicates, les côtés de moules sont flambés à la résine, ou bien encore on les saupoudre de tripoli, de farine, de poussier, d'os calcinés, etc., etc. — Il n'est pas nécessaire de percer de nombreux trous d'air dans les moules en cuivre comme dans ceux destinés à la fonte. — Les noyaux n'ont pas besoin non plus de lanternes aussi compliquées, il suffit qu'ils soient bien séchés si les sables ne sont pas trop gras, et recuits à fond, dans le cas contraire.

585. — *De la coulée des pièces en cuivre.* — La plupart des objets en cuivre sont coulés dans des châssis à embouchures serrés dans les presses à vis (fig. 19 pl. 10) dont nous avons déjà parlé. Si ces objets sont de petites dimensions, on les dispose sur la couche en les rangeant le plus possible les uns contre les autres, et on a soin de ne donner aux canaux qui conduisent le métal que la grosseur qui doit leur suffire pour alimenter la garniture du moule. Des jets trop forts tirent sur les pièces et tendent à les arracher; ils occasionnent d'ailleurs une dépense de matière qui n'est d'aucune utilité et qui ne laisse pas que de causer une certaine perte, si l'on considère la valeur du cuivre fondu.

Les jets des pièces en cuivre doivent cependant être plus nombreux, toutes proportions gardées, que ceux des pièces en fonte; ce besoin est dû encore à la différence de température qui existe entre ces deux métaux, lorsqu'ils sont en

fusion. Par la même raison, on doit aussi multiplier les évents, pour les pièces surtout qui offrent de nombreuses saillies et peu d'épaisseur. — Ces évents sont nécessaires pour appeler le métal en donnant issue à l'air comprimé ; lorsqu'ils manquent, le cuivre qui ne dégage pas l'air avec assez de promptitude, arrive refroidi déjà dans les extrémités des montes où il s'arrête sans les achever, ne pouvant vaincre l'élasticité du fluide qu'il a chassé devant lui.

Les fondeurs en cuivre qui fabriquent des petits objets coulés en presse, ont toujours soin de trancher leurs jets à la *rémonte*, c'est-à-dire, de faire entrer le métal en source au moyen *d'attaques* qui prennent les pièces en dessous. Cette précaution est principalement usitée, dans le but d'empêcher que les premières gouttes qui s'échappent quelquefois du creuset quand on commence à couler, tombent dans les pièces où elles se refroidiraient et où elles ne se lieraient pas avec le reste du métal. — La pareille mesure est bonne à prendre aussi pour les petits objets en fonte, coulés de la même manière. Au reste, par ce moyen, les pièces tassent sur leurs jets et sont moins sujettes à éprouver des retirures.

586. — *Précautions qu'on doit prendre pour éviter les défauts dans les pièces en cuivre.* — Des inconvénients semblables à ceux que nous avons indiqués précédemment pour la fonte de fer, amènent aussi des défectuosités aux pièces en cuivre. Nous ne reviendrons donc sur ce sujet, que pour donner les explications que nous avons promises au sujet des jets de retraite. — Ces jets qui sont inutiles dans le moulage en sable vert, parce que les sables se prêtent facilement au retrait, sont des canaux creusés sur les bords des pièces et remplis ensuite de sable mouvant dont le but est de céder sous la pression du métal, lorsqu'il se contracte, et d'empêcher ainsi sa rupture. Le refroidissement du cuivre étant beaucoup plus prompt que celui de la fonte, il lui devient plus difficile de vaincre la résistance des parois, et quoique sa ténacité soit plus grande que celle de cette dernière, il s'arrache plus aisément, lorsque surtout les pièces sont de formes circulaires et à noyaux renfermés. Lorsque les sables sont maigres, lorsqu'ils sont peu foulés et lorsque les pièces sont épaisses, les jets de retraite sont beaucoup moins utiles et l'on peut quelquefois s'en dispenser. On fait toujours bien de les adopter pour le zinc qui est le plus cassant de tous les métaux employés par le fondeur et dont le refroidissement est plus vif encore que celui du cuivre.

Les pièces en cuivre ont en outre un inconvénient auquel ne sont pas soumis les objets en fonte de fer ; elles tendent à *s'abreuver*, c'est-à-dire à s'imprégner dans les parties rentrantes, de sable vitrifié qui se mêle avec la matière et qui forme un corps dur qu'on enlève très difficilement au ciseau. On empêche les pièces de s'abreuver, en évitant d'employer du sable trop frais et de couler le métal à une température trop élevée, principalement s'il s'agit d'objets massifs.

587. — *Fabrication des objets en cuivre.* — La fabrication du cuivre coulé offre tant de branches et tant de ressources diverses, il est si facile de monter à

peu de frais des établissements qui suffisent au besoin d'articles spéciaux, qu'on ne doit pas s'étonner que les fondeurs en cuivre soient aujourd'hui si nombreux. C'est à Paris surtout que cette industrie s'est multipliée; on la retrouve sous toutes les faces possibles, et l'énumération suivante pourra seule donner une idée de toutes les variétés qui existent. Il est certain que quelques-unes de ces branches de la fonderie en cuivre, offrent quelquefois si peu d'importance qu'il devient nécessaire de leur adjoindre d'autres spécialités, et c'est ce qui arrive ordinairement dans les établissements de la province où il est rare que les débouchés soient assez actifs pour qu'on puisse se livrer à la fabrication d'un seul article.

On trouve en première ligne, les fondeurs de figures et d'objets de pendule, puis les fondeurs de pièces de machines. Ces deux industries reçoivent quelquefois une grande extension quand la fabrication des petites figures et des statuettes s'élève jusqu'à celle des statues et des grands ornements, et quand la coulée des pièces de machines devient assez importante pour nécessiter l'emploi de fortes quantités de métal. Le matériel des établissements de ce genre est presqu'aussi compliqué que celui des fonderies de fer; il exige des grues, des châssis de grandes dimensions, de nombreux outils, des fours à réverbère et plusieurs fours à creusets. Les procédés de moulage diffèrent peu de ceux dont nous avons parlé dans nos paragraphes précédents qui traitent du moulage des objets en fonte. — La qualité des sables et celle des terres, la distribution des coulées et celle des évents, sont les seules choses qui subissent des modifications de quelque importance.

588. — Les industries qui viennent ensuite sont celles des fondeurs d'ornements d'églises, de chapiteaux, de poignées et de boutons pour les meubles, etc., etc. Celle des fondeurs de fiches, de chandeliers, de bougeoirs, de patères, de charnières et autres articles pour la quincaillerie; celle des fondeurs d'instruments de mathématiques, de physique et d'optique; celle des fondeurs de jets, de bandes, de plateaux, de roues d'horloge, etc., etc. — Ces divers établissements sont montés sur une échelle moins vaste, bien évidemment, que les précédents, mais ils ne manquent pas d'une certaine importance. Ils demandent du reste, des ouvriers sinon aussi habiles qu'il convient d'en trouver pour la fonte des statues et des pièces de mécanique, du moins plus exercés et comprenant mieux le moulage que ceux qui se livrent à la fabrication des clous de tapissiers et de chaudronniers, à celle des clous de doublage, à celle des boutons, des épingles coulées et de la bijouterie fausse, à celle des bagues de parapluie et des boutons de cannes, à celle des canelles, des robinets, des poêlons, etc., etc., à celle des grelots, des clochettes et des timbres, etc., etc.

Ces dernières industries qui ont été réduites à un travail tout mécanique, sont soumises plutôt à la routine qu'au savoir-faire; les ouvriers qui s'en occupent

sont bien loin de connaître le moulage, et cependant les mouleurs les plus exercés, auraient peine dès l'abord, à donner un travail aussi convenable que le leur, quelque simple qu'il soit. — On concevra qu'il ne faut pas des procédés bien longs et bien difficiles pour fabriquer des clous de doublage ou de chaudronnerie, quand on saura qu'un ouvrier ordinaire peut faire dans sa journée 50 à 60 moules contenant chacun 250 à 300 pièces dont le poids total ne dépasse quelquefois pas un demi-kilogramme. Le travail de ces ouvriers consiste à mouler dans des châssis d'une très faible épaisseur, un jet à plusieurs branches appelé *galère*, auquel sont attachées toutes les têtes qui sont percées à leur milieu, d'un trou servant de guide à un poinçon qu'on enfonce rapidement dans le sable, avant de retirer le modèle de la galère et dont l'empreinte donne les pointes des clous. Les moules sont coulés à vert et aussitôt que le métal est refroidi, on enlève les galères d'où les pièces sont détachées à la cisaille (1).

589. — Sans nous arrêter plus longtemps à la description des diverses branches de la fonderie en cuivre, que nous sommes loin d'avoir toutes nommées, nous dirons quelques mots du travail des fondeurs de cymbales et de tam-tam, et de celui du fondeur de cloches, lesquels seuls présentent quelques particularités que nous ne pouvons pas passer sous silence.

Ce n'est que depuis peu d'années, qu'on est parvenu en France à obtenir quelques succès dans la fabrication des tam-tam et des cymbales. — Les premiers essais en ce genre n'ont pas été heureux, et M. Darcet lui-même a long-temps travaillé avant de reconnaître que la trempe pouvait seule faire acquérir à ces instruments, la malléabilité nécessaire pour qu'ils fussent amincis au marteau; comme le sont ceux qu'on tire habituellement de la Chine ou de la Turquie. Aujourd'hui, bien que les alliages soient de proportions conformes à celles de ces derniers instruments, bien que les pièces soient coulées à une épaisseur extrêmement faible, bien qu'elles soient trempées et martelées ensuite, on n'a pas obtenu encore des résultats parfaitement convenables.

M. Maillard, chef de la fonderie de l'école de Châlons, a fait en 1833-1834 de nombreuses expériences sur la fabrication des cymbales et sur celle des tam-tam; il a successivement moulé ces objets en sable vert et en sable d'étuve, et il a

(1) Ce travail si simple a été ramené à des proportions toutes mécaniques, par MM. Paing et Bergeret de Bayonne, qui ont pris un brevet pour une machine à mouler les chevilles en fonte de fer. A l'aide de cette machine dont il ne nous est pas donné de reproduire la description, deux ouvriers manœuvres d'une journée de 1 fr. 50 à 1 fr 75 c. moulent 200,000 chevilles en un jour. Ces chevilles, après qu'elles sont sorties des moules, sont jetées dans un four à recuire, qui en contient environ 1,000 kilogrammes et où avec une dépense en combustible qui ne dépasse pas 10 fr., on parvient à les rendre aussi douces que du fer.

reconnu que la première méthode était plus convenable pour les cymbales et que la seconde était plus profitable à la coulée des tam-tam. — Le sable employé pour le moulage était du sable vieux de Fontenay, auquel on donnait l'humidité strictement nécessaire pour qu'il pût y avoir cohésion. — Ces instruments étaient coulés dans une position horizontale par des jets circumtournant et recevant spontanément le métal versé d'abord dans un bassin ou chenal qui dominait le moule. Lorsqu'il s'agissait de procéder à la trempe, on coupait seulement la coulée en conservant le jet qui était utile pour empêcher le gauchissement, on chauffait les instruments au rouge cerise, puis on les plongeait rapidement dans l'eau froide. Après cette opération, les cymbales et les tam-tam pouvaient être facilement amenés au marteau à une épaisseur extrêmement faible et il ne restait plus qu'à les rifler et à les polir pour leur donner du brillant (1). M. Maillard a aussi obtenu de bons résultats dans des moules métalliques et il s'est aperçu alors qu'en évitant de faire chauffer ces moules avant la coulée, le refroidissement prompt qu'ils communiquaient à la matière, suffisait pour remplacer la trempe. Mais le peu d'épaisseur des pièces et la fraîcheur des parois métalliques, exigeaient un alliage coulé à une haute température, sans laquelle il aurait pu difficilement remplir les moules.

Les conditions les plus essentielles pour le moulage en sable, des cymbales et des tam-tam, sont du reste les mêmes que celles qui président au moulage de toutes les petites pièces délicates en cuivre; elles consistent principalement, à employer des sables maigres et peu mouillés, à se servir de châssis repérés avec soin parce que la moindre déviation dans l'épaisseur qui est si faible, suffit pour donner des pièces trouées, à couler du métal très chaud, à mouler les jets en même temps que les modèles, afin de n'avoir pas de sable à envoyer dans les moules, quand on les tranche après qu'ils sont terminés, à renmouler avec toutes les précautions utiles, pour qu'il ne reste pas de scories, ni dans les jets, ni dans le moule, etc., etc.

590. — Tant d'auteurs ont déjà parlé du moulage et de la fonte des cloches, que nous nous dispenserons d'entrer dans de longs détails au sujet de cette fabrication. La plupart des ouvrages connus, s'étendent principalement sur les proportions à adopter pour donner aux cloches un son déterminé; ils ont donné des descriptions dont la complication est telle qu'il est impossible qu'elles soient

---

(1) Nous avons vu quelquefois mettre des cymbales sur le tour, et on les obtenait ainsi extrêmement légères et d'une épaisseur parfaitement régulière. Les cymbales coulées à Châlons pesaient à leur sortie du moule 1 kilog. 40 à 1 kilog 50 et les tam-tam environ 15 kilog.; ces poids quelque soin qu'on ait pris de les réduire, ont toujours dépassé de 1/3 à 1/4, ceux des mêmes instruments que nous recevons de la Chine.

comprises par un lecteur sur cent. Qu'on nous permette de le dire, les proportions harmoniques composent le bagage de charlatanisme à l'usage du fondeur de cloches; c'est au moyen de ces proportions, qu'il séduit le client, en l'entraînant dans un déluge scientifique au milieu duquel ils sont également perdus l'un et l'autre et en lui créant des difficultés qui, si elles existaient réellement, exigeraient chez ce fondeur des connaissances qu'il possède rarement. Bien certainement, la fonte des cloches demande une habileté et une expérience toute particulière, mais il ne faut pas se dissimuler que la routine plus que tout encore, dirige le travail et amène les résultats. En admettant qu'il soit possible d'établir des règles précises qui régissent l'épaisseur et les formes à donner aux cloches, d'après la théorie des sons, il faudrait supposer, ce qui est complètement impossible, que l'alliage ne devrait subir aucune altération, une fois que ses proportions les plus convenables auraient été déterminées, et que les parois des moules resteraient entièrement fixes et conservant partout les épaisseurs utiles. Or, la plupart des fondeurs de cloches, ne se servent pas entièrement de métaux neufs pour couler leurs moules; ils introduisent dans l'alliage, de vieux métaux qui contiennent quelquefois du zinc et du plomb à différentes proportions. Et quand même, le métal serait constitué rigoureusement avec les quantités de cuivre rouge et d'étain voulues, ces quantités sont loin d'être inaltérables, lorsqu'elles sont sous l'influence de la haute température des fourneaux; elles éprouvent des variations, suivant que le brassage a été plus ou moins bien pratiqué, suivant la disposition des coulées, suivant la qualité même des matières premières, etc., etc.

591. — Nous connaissons un grand nombre de fondeurs de cloches, nous en connaissons plusieurs qui ont la réputation d'être forts capables dans leur industrie, et nos fréquentes conversations avec eux nous ont amené à donner les explications qui précèdent, parce que nous avons reconnu que l'application des lois de l'acoustique à la construction des cloches était loin de leur être indispensables et qu'ils n'y avaient jamais égard, chose du reste, qui deviendra facile à apprécier, quand on saura qu'il existe des fondeurs qui fabriquent de très belles et de très bonnes cloches et qui savent tout au plus lire.

Le tracé des cloches repose cependant sur une base déterminée sans laquelle les ouvriers les plus habiles auraient peine à donner des résultats convenables. Cette base que les uns appellent *échelle campanaire*, les autres *bâton de Jacob* et qu'enfin on connaît mieux sous le nom de *brochette*, a été dictée par l'expérience et elle se transmet depuis de longues années dans les familles des fondeurs. Elle repose sur de certaines proportions qui à l'instar des modules en architecture, servent à régler et à faire s'harmoniser entr'elles les diverses parties des cloches. Le bord ou autrement dit, la plus forte épaisseur de la cloche (*a b* fig. 5, pl. 11) constitue le principe de toute la mesure; c'est le point de départ qui détermine toutes les autres dimensions. La brochette qui est une échelle

composée de plusieurs lignes horizontales venant s'appuyer sur un trait vertical, donne, au moyen de points placés à des distances convenues, l'épaisseur du bord, suivant le poids des cloches. Sans elle, il n'est donc point de bases au moyen desquelles on puisse étayer le tracé des cloches. — Le tableau qui suit donne l'épaisseur du bord et le diamètre des cloches, depuis le poids de 3 kilog. jusqu'à celui de 12000 kilog.; ce n'est du reste, pas autre chose qu'une brochette que nous présentons sous une forme plus en rapport avec les habitudes de nos lecteurs qui, nous devons le supposer, sont plus familiers aujourd'hui avec les nouvelles mesures qu'avec les anciennes.

POIDS des cloches	ÉPAISSEUR du bord.	GRAND dia-mètre.	POIDS des cloches	ÉPAISSEUR du bord.	GRAND dia-mètre.	POIDS des cloches	ÉPAISSEUR du bord.	GRAND dia-mètre.	POIDS des cloches	ÉPAISSEUR du bord.	GRAND dia-mètre.
kilog.	m.	m.	kilog.	m.	m.	kilog.	m.	m.	kilog.	m.	m.
3	0,008	0,120	75	0,034	0,510	750	0,074	1,110	5000	0,137	2,055
4	0,011	0,165	100	0,037	0,555	1000	0,081	1,215	5500	0,141	2,115
5	0,013	0,195	125	0,040	0,600	1250	0,087	1,305	6000	0,146	2,190
6	0,015	0,225	150	0,043	0,645	1500	0,093	1,395	6500	0,150	2,250
10	0,019	0,285	175	0,045	0,675	1750	0,098	1,470	7000	0,154	2,310
15	0,021	0,315	200	0,047	0,705	2000	0,103	1,545	7500	0,158	2,370
20	0,022	0,330	250	0,050	0,750	2250	0,108	1,620	8000	0,160	2,400
25	0,023	0,345	300	0,055	0,825	2500	0,110	1,650	8500	0,164	2,460
30	0,025	0,375	350	0,058	0,870	2750	0,114	1,710	9000	0,168	2,520
35	0,027	0,405	400	0,060	0,900	3000	0,117	1,755	9500	0,170	2,550
40	0,028	0,420	450	0,063	0,945	3500	0,123	1,845	10000	0,173	2,595
45	0,029	0,435	500	0,065	0,975	4000	0,128	1,920	11000	0,181	2,715
50	0,030	0,450	600	0,068	1,020	4500	0,134	2,010	12000	0,190	2,850

592. — Plusieurs méthodes sont en usage pour le tracé des cloches, mais celle qui est la plus suivie est celle qui donne 15 bords au grand diamètre, 7 bords 1/2 au diamètre du cerveau, 12 bords à la ligne qui joint l'arête inférieure de la cloche à la naissance du couronnement du cerveau, et enfin 32 bords au plus grand rayon qui sert à tracer le profil du vase supérieur.

Nous pensons que la fig. 5, pl. 11 dont toutes les constructions sont cotées, est convenable pour indiquer suffisamment le tracé des cloches, qu'il est facile de saisir d'ailleurs, dès la première vue, une fois que l'épaisseur du bord qui doit servir de base à l'échelle de proportion usitée en pareil cas, a été bien arrêtée.

Les fondeurs de cloches ont l'habitude de donner à leurs planches à trousser des dimensions qui sont mises en rapport avec celles des cloches à fondre. — Ces dimensions sont également exprimées en bords et elles demeurent toujours fixes

à 22 bords pour la hauteur totale de la trousse, 6 bords 2/3 pour la largeur en haut, 5 bords pour la largeur en bas, 2 bords pour la hauteur de la moule et 1/3 de bord pour la saillie de celle-ci.

593. — Le tracé des anses représenté par la fig. 6, est plus simple que celui des cloches; ses proportions ne sont pas du reste, aussi rigoureuses, et ses formes subissent quelques modifications suivant l'opinion ou le caprice des fondeurs. — Le point essentiel est que les anses soient assez solides pour supporter le travail des cloches et qu'elles ne soient pas trop fortes ou trop faibles de manière à présenter un aspect disgracieux.

On fait les modèles d'anses en plâtre, en bois ou en terre cuite, et on a soin de conserver des divisions, comme celles *a a*, *c c* par exemple, indiquées à la fig. 6, pour aider le demoulage.

On recouvre ces modèles après les avoir enduits d'une couche de cire et de suif mêlés, de plusieurs épaisseurs de terre fine se pétrissant bien dans les doigts et ayant la consistance de la pâte de boulanger; on fait sécher le moule avant de retirer les modèles, on le ragrée, on perce les coulées qui sont placées habituellement sur le point le plus élevé, enfin on lui passe la couche et on le fait recuire. — Le moule des anses comporte ordinairement avec lui une portion circulaire du ciel de la chape préparée pour le moule de la cloche, laquelle portion vient faire corps avec celui-ci, lorsqu'il s'agit de procéder au remmoulage.

594. — Les cloches sont moulées ordinairement dans la fosse où on les coule et sur une base qui ne subit pas de déplacement. — Cependant, lorsqu'on ne veut pas conserver cette fosse ouverte pendant toute la durée du moulage, il est facile d'exécuter le moule partout ailleurs, en faisant usage d'une couronne en fonte portant quatre oreilles au moyen desquelles le transport n'offre plus de difficultés.

Le moulage des cloches diffère peu du moulage en terre que nous avons déjà décrit (550). Il consiste principalement, dans la confection d'un noyau en briques et d'une chape en terre entre lesquels est placée une épaisseur postiche qu'on appelle fausse cloche (1); c'est sur cette épaisseur qui représente provisoirement la place du métal, que les fondeurs disposent les cordons, les ornements et les inscriptions dont les cloches sont habituellement recouvertes. Ce travail s'exécute au moyen d'empreintes en cire fusible dont nous avons donné la composition précédemment (546). — La beauté des cloches dépend beaucoup de la

(1) Ces différentes parties du moule sont séparées par des couches de cendre ou de noir, un peu plus épaisses que celles dont on recouvre les moules en sable d'étuve. — Elles servent à empêcher l'adhérence entre les terres et par suite à favoriser le moulage. — Il en est de même, bien entendu, pour tous les moules en terre qui s'exécutent d'une manière semblable.

qualité de la potée qui sert à garnir les empreintes en contact avec le métal; cette potée se compose de terre très fine à laquelle on ajoute environ 1/4 de fiente de vache. On a l'habitude de la préparer long-temps à l'avance, afin qu'elle se pourrisse par la fermentation, ce qui la rend plus propre à recevoir la matière. — La terre qui doit composer la chape est préparée à peu de chose près de la même manière; on a soin seulement de remplacer la fiente de vache par du crottin de cheval ou par de la bourre hachée. Chaque couche de la chape est d'ailleurs reliée par des ligaments de chanvre qui lui donnent de la solidité.

595. — On pourra juger par l'examen de la fig. 7, pl. 11, de l'ensemble d'un moule de cloche. — Ce moule est achevé, en plein séchage et tout prêt pour le démoulage. *N nn* est le noyau au milieu du quel on brûle le combustible qui reçoit de l'air par les soupiraux inférieurs *oo*; *mmm* représente la chape qui vient recouvrir la base du noyau un peu au-dessous de la meule, afin de présenter plus de résistance à la pression du métal; *ppp* indique la fausse cloche qu'on devra enlever et casser après que la chape sera démoulée.—Le travail qui reste à faire dans l'état où se trouve la fig. 7 consiste donc, à ragréer la chape et la surface du noyau quand elles sont débarrassées de la fausse cloche, à les recouvrir d'une couche de cendres délayées dans du lait ou dans de l'urine, à placer sur la chape, le moule des anses et le bassin de coulée qui fait corps avec celui-ci, à garnir le fond encore ouvert du noyau, d'un bouchon de terre dans lequel est scellé l'anneau qui doit supporter le battant, enfin à renmouler et à enterrer le moule, après toutefois s'être assuré que la dessiccation a été tout à fait complète.

Quand les fondeurs de cloches ont plusieurs moules à couler, ils les enterrent dans la même fosse et ils établissent un chenal a plusieurs branches qui conduit la matière dans chacun d'eux. — S'ils ne sont pas certains de la quantité de métal qu'ils ont à dépenser, ils évitent de remplir tous leurs moules à la fois, ce qui leur est facile, en tenant les coulées bouchées au moyen de *quenouilles* ou tampons fixés à un long manche et en les débouchant successivement. Mais quand on a affaire à des ouvriers habiles qui sont capables de calculer exactement le poids de leurs cloches, il vaut mieux couler chacun des moules séparément avec une poche, et ne prendre au fourneau que la quantité qui convient pour chaque fois. Cette méthode n'est du reste, praticable que dans les fonderies bien organisées, et nous devons dire que par une habitude à la suite de laquelle les produits perdent bien certainement de leur mérite, les ateliers destinés à la fonte des cloches sont construits presque toujours sur les lieux mêmes de l'emploi et ne sont organisés qu'avec le peu de garanties et le peu d'ensemble qu'entraîne ordinairement tout ce qui n'est que provisoire.

ACHÈVEMENT DES OBJETS COULÉS.

596. — *Du rapage et de l'ébarbage.* — A leur sortie des moules, les objets coulés conservent encore, quels que soient les soins apportés pour les faire *dépouiller*, des parties de sable ou de terre qui s'attachent de préférence aux environs des jets et dans les endroits où la matière est arrivée avec pression. — Les objets en sable vert dépouillent ordinairement moins bien que ceux en sable d'étuve, mais ils retiennent moins les sables dont ils sont couverts, parce que ceux-ci sont plus maigres et plus friables. Dans les grandes usines, le nettoiement des pièces coulées est confié aux *rapeurs* qui se chargent de l'effectuer au moyen de rapes, de couteaux, de racloirs et de gratte-bosses en fil de fer. — Les *ébarbeurs* dont le travail consiste à buriner et à limer les coutures, les bavures, les traces des jets et des évents, etc., etc., reçoivent les pièces à leur sortie de la raperie. — Il se présente cependant, qu'un même ouvrier est à la fois chargé de l'ébarbage et du rapage qu'il conduit en même temps; cela arrive surtout quand il s'agit d'objets de grandes dimensions.

Les difficultés du travail de l'ébarbeur varient avec la nature des pièces. Les ornements demandent en général plus de soins et plus d'habileté que les pièces de machines. Quand les coulées de ces dernières sont fortes, il faut avoir soin de commencer à les enlever au moyen d'une ou deux traînées d'un bédane, afin qu'en les détachant elles n'emportent pas les bords des pièces.

L'ébarbage des statues en fonte de fer doit être confié à des ouvriers capables d'apprécier les formes des modèles et de ne pas les déparer par un coup de ciseau mal donné. L'achèvement des statues en bronze demande encore plus de précautions et les ciseleurs qui en sont chargés sont quelquefois de véritables artistes; il s'agit alors de faire usage non-seulement du ciseau et du matoir qui servent à la fonte de fer, mais aussi du rifloir sous la trace duquel disparaîtrait toute l'œuvre du sculpteur, si ce rifloir était conduit par une main peu exercée.

La marchandise creuse est la partie de la fabrication qui présente le moins de frais de nettoiement. Dans les hauts fourneaux, les femmes et les enfants sont chargés de la raper, et l'ébarbage se borne à quelques coups de marteaux que donnent les sableurs eux-mêmes sur les bords des pièces, pour en faire disparaître les bavures.

597. — Les jets des petites pièces en cuivre sont détachés à la scie ou à la cisaille. On sasse ces objets dans des sacs ou dans des tonneaux en bois percés d'une grande quantité de petits trous, quand il s'agit d'enlever le sable qui leur est demeuré attaché. Les fondeurs en cuivre, jaloux de livrer de beaux produits, font tremper leurs pièces dans un baquet rempli d'acide sulfurique ou d'acide

nitrique étendu d'une grande quantité d'eau; elles y séjournent pendant un jour ou deux après lesquels ils les retirent pour les passer à la brosse. — Cette opération n'est du reste autre chose que le principe du *dérochage* employé habituellement par les doreurs.

598. — *De la réception.* — Quand les pièces coulées sont rapées et ébarbées, on procède à leur réception, avant de les livrer. Dans les usines importantes où la fabrication est considérable, on confie cette besogne à un commis spécial auquel il faut toute l'habitude de la fonderie pour qu'il ne s'en laisse pas imposer par les ruses que les mouleurs mettent en œuvre pour faire passer leurs pièces défectueuses (1). Il est facile de juger à la vue, la plupart des objets à recevoir et il suffit de connaître leur destination pour être à même d'apprécier la nature des diverses défectuosités qu'ils peuvent présenter, et de juger s'ils doivent être mis au rebut ou réparés.

Les pièces de vaisselle ne se reçoivent pas seulement à la vue; on les frappe avec un marteau, afin de s'assurer qu'elles ne rendent pas un son fêlé, car les fêlures sont quelquefois si imperceptibles quelles échappent à l'œil. On examine encore si les endroits qui paraissent présenter des scories ou des reprises ne sont pas de nature à livrer passage aux liquides; le meilleur moyen pratique employé en pareil cas par les commis aux réceptions, consiste à cracher sur l'endroit douteux, à frapper à cette même place avec le poing et à regarder à l'intérieur si la pression n'a pas fait suinter l'humidité.

599. — Les mouleurs ne doivent jamais réparer les défauts de leurs pièces sans y être autorisés; c'est à ceux qui surveillent la fabrication à juger s'il convient d'apporter un remède aux accidents qu'ont éprouvés les objets coulés. Quand les défauts ne nuisent pas à la solidité des pièces, quand ils ne s'opposent pas à leur emploi, quand ils ne les rendent pas d'un aspect tellement désagréable que les acheteurs ne voudraient pas les accepter, on peut pour les réparer, employer les moyens suivants qui sont dictés le plus souvent, par la nature même des défauts, par le plus ou moins d'importance des pièces, etc., etc. (2); ces moyens consistent:

A mettre des pièces en fonte, en fer ou en cuivre suivant les circonstances; ces pièces sont encastrées à queue d'aronde ou maintenues par des goupilles dans les parois des objets coulés.

A couler du zinc ou du plomb dans les cavités que présentent les soufflures et

(1) Évidemment, on n'a pas cet inconvénient à craindre dans les établissements où les mouleurs travaillent à la journée.

(2) Quand les défauts des pièces coulées ne sont dûs qu'à l'effet d'un surcroît de matière, ce n'est qu'une affaire de tems pour les corriger au burin et à la lime.

les retirures. Il faut admettre cependant que ces cavités soient susceptibles de retenir les métaux coulés, en présentant par exemple, un extérieur refouillé et plus large dans le fond qu'à la surface. Quand il s'agit de réparer des grandes pièces, on peut couler de la fonte dans les cavités ou sur les parties qui ont manqué de matière; on recouvre alors l'endroit malade d'un côté de moule qui est percé d'un trou de coulée et d'un évent; puis on coule le métal en le faisant dégorger, jusqu'à ce qu'il se soit établi entre lui et la pièce, un échange de température tel qu'il y adhère bien sans que son retrait soit trop visible (1). — Si l'on fait dégorger long-temps et si l'on a eu soin d'échauffer auparavant la pièce à réparer, on arrive quelquefois à faire des soudures extrêmement solides. Nous sommes parvenus ainsi à souder la tête d'une grande statue, sans laisser aucune trace de notre opération.

Enfin, à employer le mastic pour boucher les trous qui ne sont pas assez profonds pour être remplis avec du métal. — Nous avons déjà indiqué (164—277) plusieurs compositions qui peuvent être utiles en certains cas, pour réparer des pièces défectueuses. Voici encore quelques recettes dont les fondeurs ne se font pas faute à l'occasion. — 1 partie de cire jaune, 5 parties de résine et 1 partie d'ardoise ou de marbre pilé. — 6 parties de soufre et 4 parties de limaille de fonte tamisée. — 4 parties de soufre, 2 parties de résine, 1 partie de sel ammoniac et 3 parties de limaille de fonte ou de mine de plomb. — 10 parties de goudron, 2 parties de cire et 1 partie de suif. — 8 parties de poix noire avec 2 parties de cendres de bois ou 2 parties de limaille de fonte. — Toutes ces compositions sont fondues ordinairement dans des vases en fonte. — Nous ne nous étendrons pas sur les qualités de ces différents mastics; l'expérience suffisant seule pour les faire connaître; la nature et la destination des pièces détermineront d'ailleurs, les recettes à employer de préférence et on évitera toujours par exemple, d'appliquer un mastic fusible aux objets qui doivent supporter une certaine température.

600. — Il n'est pas convenable de mastiquer les pièces en cuivre qui sont rarement employées brutes et on doit se borner à mettre des pièces aux endroits défectueux ou à les remplir de soudure d'étain; il serait facile aussi de souder certaines parties par elles-mêmes en faisant dégorger le métal comme nous venons de l'expliquer, mais cette opération qui est praticable pour la fonte de fer et pour des grosses pièces deviendrait trop coûteuse si elle devait avoir lieu pour le cuivre dont la valeur est beaucoup plus grande. — Il vaut mieux dans une circonstance semblable couler de nouveau l'objet mal venu à une première fonte.

(1) Cette précaution est utile aussi pour la fonte de fer, si l'on ne veut pas que le morceau apporté se trempe et demeure blanc et cassant.

601. — *Des préparations qu'on fait subir aux pièces coulées, après l'ébarbage.* — A leur sortie de l'atelier d'ébarbage, les pièces coulées peuvent être livrées à l'emploi qui les attend; mais la plupart d'entr'elles ont encore à subir diverses préparations avant d'être mises en œuvre. — Nous ne nous arrêterons pas sur le travail que nécessitent les objets qui doivent être forés, allésés, tournés ou planés. — Déjà nous avons constaté que les fonderies importantes pouvaient disposer aujourd'hui de toutes les machines au moyen desquelles ces opérations doivent être exécutées; mais notre but est de décrire les travaux spéciaux qui résultent de l'art du fondeur et non pas de nous occuper des constructions qui sont en dehors de cet art et qui sont plutôt l'affaire des ingénieurs et des mécaniciens. Nous n'insisterons pas non plus sur l'application des divers procédés qui sont mis en usage pour garantir la fonte de l'atteinte de la rouille et pour la rendre d'un aspect plus paré; plusieurs de nos premiers paragraphes ont été consacrés à cet objet qui aurait tout aussi bien pu trouver sa place ici. — Quand aux objets en cuivre, lorsqu'ils ne sont pas destinés aux constructions mécaniques, on leur donne une couleur de bronze au moyen du vert antique, ou bien on les dore après qu'ils ont été dérochés, en employant l'amalgame d'or et de mercure (1).

ORGANISATION DES FONDERIES.

602. — *Emplacement, dispositions générales et constructions.* — Il est rare que celui qui veut fonder une usine parvienne à faire choix d'un emplacement qui réunisse toutes les données convenables. Là, où il trouve des avantages comme dispositions et comme économie de construction, il rencontre à côté des inconvénients qui diminuent considérablement la valeur de ces avantages, s'ils ne les anéantissent pas. — Un défaut commun à tous ceux qui créent de nouveaux établissements, c'est de vouloir profiter à tout prix des choses faites. Ainsi, pour éviter une dépense quelquefois bien minime, on conserve des bâtiments tout-à-fait impropres à l'usage auquel on les destine, on altère l'ensemble qui doit

(1) Nous engagerons nos lecteurs à consulter à ce sujet, un excellent mémoire de M. d'Arcet, sur l'art de dorer le bronze.

exister entre toutes les constructions, enfin on augmente souvent les difficultés de la fabrication. Il se présente bien quelques exceptions aux principes faux que nous signalons, mais nous pouvons avancer que parmi les nombreuses fonderies que nous avons visitées, nous les avons trouvées extrêmement rares. De telles choses nous ont paru du reste, plus à considérer, pour les usines importantes et dont le travail monté sur une grande échelle exige une harmonie intime entre toutes ses parties. Il est certain que les fonderies qui sont appelées à n'avoir qu'une fabrication restreinte, doivent profiter de toutes les dispositions économiques qui se présentent et prendre naissance dans des conditions qui soient en rapport avec l'avenir qui les attend. — Penser autrement et monter avec luxe un établissement dont les opérations doivent être peu étendues et dont par conséquent la simplicité doit être la base, ce serait plus que manque d'habileté, ce serait folie. Heureusement, nous n'avons pas ce reproche à faire à un grand nombre de fondeurs et nous leur adresserons plutôt celui d'apporter quelquefois trop de parcimonie à l'établissement de choses qui demandent sinon de l'élégance, du moins de la solidité.

603. — Les fondeurs en cuivre sont ceux pour lesquels, l'emplacement est la moindre des considérations. — Ils se logent partout où ils peuvent trouver une disposition qui leur permette d'établir les cheminées de leurs fourneaux et de leurs étuves. On trouve peu de fonderies de cuivre, à moins toutefois qu'elles ne se livrent à des travaux considérables, ce qui est rare, parce qu'alors elles sont presque toujours jointes aux fonderies de fer, qui occupent un emplacement et des bâtiments spéciaux (1). — A Paris, comme en province, les fondeurs en cuivre occupent habituellement le rez-de-chaussée des maisons où dans les étages supérieurs s'exercent d'autres industries; quelquefois même quand leur travail se borne à la fabrication de petits objets peu embarrassants, ils s'établissent en chambres, et souvent dans les étages les plus élevés (2).

Mais nous n'examinerons pas l'organisation des fonderies dans des proportions si minimes. Les principes que nous poserons se rattacheront principalement à des usines à créer complétement, en prenant pour base la réunion de toutes les circonstances les plus favorables à leur création. — Nous jugerons les choses

---

(1) Sont exceptées évidemment, les grandes fonderies où l'on s'occupe de la fonte des statues, les fonderies de cloches, etc., etc., celles qui exigent enfin un matériel de grues, de fourneaux, de châssis, comme en ont les fonderies de fer.

(2) Nous pourrions citer à Paris, plusieurs fonderies de cuivre dont les ateliers sont situés au 5e étage, ce qui n'empêche pas ces établissements de faire annuellement pour 60 à 80 mille francs d'affaires.

nécessaires à ces usines en supposant qu'elles soient à même d'atteindre la plus large extension, et par là, nous laisserons à nos lecteurs la faculté de choisir telles applications qu'il leur conviendra et de faire la part des documents les plus utiles, suivant la nature des données devant lesquelles ils se trouveront placés.

604. — L'emplacement qui conviendrait le mieux à une usine composée de hauts fourneaux et fonderies, serait celui qui réunirait le total le plus complet des conditions suivantes :

Être situé à la proximité des lieux d'extraction des minerais et d'approvisionnement des combustibles.

Être placé au centre le plus favorable pour l'écoulement des produits et profiter, autant que possible, des avantages que présentent les grandes voies de communication.

Construire les bâtiments destinés à la fabrication, dans un endroit d'un abord facile pour les transports à l'intérieur.

Chercher pour les halles qui doivent servir au moulage un terrain solide, mais ne reposant cependant pas sur le roc. Il est convenable aussi, de faire en sorte que ce terrain soit à l'abri des inondations pendant l'hiver.

Ne pas se tenir éloigné des endroits habités, afin de pouvoir loger dans la ville ou dans le village le plus voisin, la majeure partie des ouvriers qui, s'ils devaient tous demeurer à l'usine, demanderaient de nombreuses et coûteuses constructions.

Profiter du moteur naturel qu'offrent les cours d'eau, en se rapprochant d'eux, toutes les fois que cela est praticable. Cette précaution est devenue moins essentielle depuis qu'on a su utiliser les flammes perdues au chauffage des chaudières, mais elle offre toujours de grands avantages, quand on peut la remplir sans qu'elle nécessite des dispositions trop onéreuses.

D'autres causes d'intérêts particuliers peuvent encore régler le choix de l'emplacement, mais elles pourraient devenir nombreuses, si nous voulions les examiner toutes en détail, et sans nous y arrêter, nous nous occuperons immédiatement des dispositions générales qui conviennent aux fonderies.

605. — Le manque d'ensemble entre les diverses parties qui composent une fonderie peut nuire singulièrement aux progrès de la fabrication. Il existe entre certaines de ces parties une liaison assez intime pour qu'il soit difficile de la rompre sans gêner la marche des opérations.

Le moteur doit être à la portée de la machine soufflante, en même temps qu'à celle des appareils à élever les matériaux et des machines qui garnissent les ateliers de constructions et de réparations. — La raperie et l'atelier d'ébarbage doivent autant que possible, tenir à la moulerie, car il est un grand nombre de pièces délicales qu'il serait peu convenable d'exposer à la pluie en les transportant d'un bâtiment à un autre. — Par une raison du même genre, les ateliers pour

la préparation des sables et des terres, ont besoin aussi de faire corps avec la halle destinée au moulage.

Il est nécessaire que les halles à charbons, les parcs à mines et les magasins de fontes soient peu distants du lieu où se fait l'approvisionnement des fourneaux. C'est le seul moyen d'éviter une dépense qui ne laisserait pas que d'être fort sensible, si l'on considère l'importance du transport des matières premières. Les halles à charbons se placent ordinairement à quelque distance de la tour des hauts fourneaux et on leur choisit des emplacements à l'abri de toutes causes d'incendie et exempts d'une trop grande humidité.

Il est bon que le magasin des objets confectionnés ne soit pas très-éloigné des ateliers où s'achèvent les produits. On doit faire en sorte de rapprocher aussi le magasin qui contient les châssis, les lanternes, les armatures, etc., etc., des ateliers de moulage; c'est encore un moyen d'épargner des frais de main d'œuvre. — Les ateliers d'ajustement, de menuiserie et de modèles peuvent sans inconvénients, être placés dans des bâtiments détachés de l'usine principale; il en est de même des magasins de modèles, des bureaux et des logements d'ouvriers. C'est toujours une bonne chose quand ces derniers ont leurs entrées en dehors des cours de l'établissement; la garde des ateliers est alors confiée à un portier qui n'en livre l'entrée que pendant le travail, et le propriétaire d'usine y gagne comme soins, comme entretien et comme sécurité.

606. — La disposition des différentes parties qui constituent une fonderie est subordonnée avant tout à l'emplacement, et comme nous l'avons fait voir, celui-ci dépend à son tour d'une foule de circonstances qu'il nous est impossible de préciser. Nous ne connaissons pas d'établissements qui, à rigoureusement parler, offrent la réunion de tout ce qui est bien; les usines de Tusey, de Osne-le-Val, de Hayange, les fonderies de la marine à Indret, de MM. Thiébaut et Calla à Paris, de M. Kœklin à Mulhouse, etc., etc., sont certainement bien montées et peuvent exécuter les travaux les plus considérables, mais elles n'ont pas été construites dans le principe, sur les bases qui les distinguent aujourd'hui, et de là, le manque d'uniformité, et qu'on nous permette de le dire, le *décousu*, qui sont la conséquence invariable de tout ce qui est fait à plusieurs reprises.

Faute de pouvoir citer une usine modèle et pour ne pas être obligés de faire apprécier les défauts de celles que nous connaissons, nous terminons notre planche 11ᵉ par deux plans d'ensemble qui développeront mieux nos idées sur la disposition des fonderies, que tout ce que nous pourrions ajouter à ce qui précède. — Nous avons essayé de réunir dans ces deux projets qui ne sont qu'indiqués, les distributions que l'expérience et l'habitude des usines nous ont fait reconnaître comme les plus commodes. Nous reconnaissons à l'avance qu'il serait difficile de créer un établissement en se conformant exactement à ces modèles, mais nous avons confiance dans la sagacité de nos lecteurs, nous espérons qu'ils com-

prendront notre but, en faisant au milieu de tout cela, un choix convenable, et nous sommes persuadé que nos indications quoique générales et posées sur des bases qui supposent toutes les choses au mieux ne laisseront pas que de leur être d'une certaine utilité, si surtout ils sont guidés par leur propre expérience.

607. — A ces données sommaires sur l'emplacement et la disposition des fonderies, nous ajouterons quelques mots relatifs à la construction de ces établissements.

Les halles de moulerie doivent être organisées avec le plus de jour possible; leur charpente doit être assez solide pour supporter l'effort des grues, et les poutres qui avoisinent les fourneaux doivent être plafonnées ou garnies de tôle, si l'on veut éviter l'atteinte du feu; les clôtures doivent être assez exactes pour qu'on n'ait pas à craindre que l'influence du froid fasse geler les sables pendant l'hiver.

Les halles à charbons sont pourvues d'une charpente légère et peu embarrassante; elles n'ont d'autres ouvertures que celles qui sont nécessaires pour l'entrée et pour la sortie du combustible; leurs murs ont la solidité suffisante pour qu'ils ne cèdent pas sous la pression des charbons, lorsqu'ils sont accumulés. Nous avons du reste, déjà parlé de cet objet important aux paragraphes 117 et 131 dans notre première partie.

Les parcs à mines (1) et ceux où l'on renferme les châssis et les fontes destinées aux fourneaux sont habituellement entourés par des murs ou par des cloisons en planches à hauteur d'appui. Quand les châssis sont en bois, on les place dans des magasins couverts; on dispose pour ces magasins comme pour ceux où l'on renferme les modèles et les fontes marchandes, de bâtiments construits d'une manière aussi simple et aussi économique que possible, mais cependant mis en rapport avec le but de leur destination. — Nous ne parlerons pas des ateliers de constructions et de modèles; leur distribution dependant entièrement de l'importance qu'on veut leur donner et des machines ou appareils qu'ils doivent contenir.

Les ateliers de raperie et d'ébarbage sont très bien placés sous des hangards fermés seulement par des planches, les grosses pièces étant d'ailleurs nettoyées et ébarbées dans les cours et à la portée des grues qui servent à les manœuvrer.

---

(1) Les parcs à mines ne sont quelquefois pas entourés, comme aussi il arrive d'autres fois qu'ils sont couverts. Cela dépend de la qualité des minerais et des ressources des usines. — Nous croyons utile de rappeler ici le paragraphe 67 qui parle des dispositions les plus convenables aux boccards. Comme pour ceux-ci, on doit peser toutes les considérations les plus avantageuses, lorsqu'il s'agit de l'établissement des fours à griller.

608. — *Administration des fonderies.* — Le nombre des employés d'une fonderie se mesure évidemment à l'importance de cet établissement. — Si les travaux sont peu considérables, le chef de l'usine se charge habituellement de l'administration et laisse les soins de la surveillance que nécessite la fabrication, à son chef d'atelier (1). — Mais si l'usine se compose de hauts fourneaux et de fonderies, le personnel doit subir une augmentation sensible. L'intérieur est confié à un directeur des travaux ou à un régisseur sous la surveillance duquel travaillent un commis chargé de la fabrication, un commis chargé des réceptions à l'usine et des expéditions, un garde-magasin et deux ou trois employés à la comptabilité. L'extérieur exige aussi ses hommes spéciaux, savoir : un commis chargé de l'approvisionnement des combustibles et un commis chargé de l'exploitation des minerais et de l'achat des sables. — Dans quelques usines, ces deux emplois sont réunis sur une seule personne qui s'occupe de pourvoir à tous les besoins des ateliers et qui fait quelquefois les ventes au dehors.

Les grands établissements ne se bornent pas au personnel déjà considérable que nous venons d'indiquer; ils ont aujourd'hui des voyageurs et des représentants chargés de dépôts dans les principaux centres d'écoulement; leur fabrication s'élève alors à plusieurs millions de kilog. de fonte livrés annuellement au commerce. — C'est à ceux qui connaissent les détails multipliés qu'entraînent les travaux de la fonderie, à préjuger ce qu'il faut de soins, d'intelligence et d'habileté au propriétaire d'usine pour gérer de telles exploitations; combien de précautions ne sont-elles pas nécessaires en effet, pour acheter à propos les quantités énormes de matières premières qu'absorbe le roulement de ces établissements; pour faire fabriquer et vendre en temps utile les objets qui ne sont pas préparés sur commandes; pour établir avec exactitude les prix de revient; pour épargner à l'intérieur, des gaspillages qui ne se renouvellent que trop souvent, sans toutefois apporter une lésinerie qui ne pourrait qu'entraver la marche des opérations, etc., etc.

609. — A Paris où les fonderies sont nombreuses et où par conséquent les mouleurs ne manquent pas, les chefs d'établissement ne prennent aucunes précautions pour conserver leurs ouvriers. — Il n'en est pas de même des hauts fourneaux qui, pour la plupart, sont éloignés des grandes villes et que le départ d'un sableur pourrait mettre quelquefois dans l'impossibilité de terminer des commandes

---

(1) Nous ne comptons pas ici les petits établissements (et ceux-là sont nombreux) dont les propriétaires font à la fois l'office de comptable, de contre-maître et d'ouvrier. L'industrie du fondeur, comme presque toutes celles d'ailleurs, du siècle actuel, part des bases les plus faibles pour arriver aux plus grandes proportions.

en plein cours d'exécution. — Le meilleur moyen à employer en pareil cas, consiste à faire contracter des engagements aux ouvriers sur la conduite et sur le tradesquels on croit pouvoir compter; on lie également par des traités, les apprentis mouleurs, les voituriers chargés des transports, les ouvriers exerçant une besogne spéciale, tels que les boccardeurs, les fondeurs (1), les chargeurs, les remplisseurs, etc., dont l'absence imprévue peut nuire aux travaux, si elle ne les arrête pas. Quand un ouvrier est appelé à rendre des services, quand sa conduite est régulière, un chef d'usine ne se compromet jamais en lui offrant quelques avantages qui le décident à prendre des engagements écrits; il y a bénéfice d'un côté comme de l'autre, parce que l'ouvrier lui-même est assuré d'un peu d'avenir et parce qu'il n'est pas tenté de se laisser aller à d'autres offres séduisantes d'abord, mais dont l'exécution ne se réalisant pas toujours, lui fait regretter sa première position.

610. — Nous ne chercherons pas à donner des modèles d'engagements, parce que ces traités dépendent d'abord des conventions qui sont faites en pareil cas et qui se réduisent d'ailleurs à la spécification du travail à exécuter et à celle du salaire alloué en raison de l'exécution de ce travail. Nous indiquerons seulement les conditions qui pourraient être faites à un contre-maître des ateliers de moulage dans une usine composée de hauts fourneaux et fonderies; ces conditions renferment toute la marche de la besogne que nous avions tracée à notre contremaître de Tusey, et quoiqu'elles soient bien certainement susceptibles de modifications, suivant les besoins des usines, nous pensons qu'on ne les lira pas sans intérêt :

Le contre-maître des ateliers de moulage est chargé de la surveillance spéciale des wilkinsons dont il répartit la fonte entre les ouvriers suivant leurs besoins et suivant la nature des pièces qu'ils ont à couler. Il indique aux fondeurs, les mélanges à faire pour la fonte de chaque jour, et il tient la main à ce qu'il n'y ait gaspillage ni sur le combustible, ni sur les matières à fondre. Il voit par lui-même de quelle quantité de fonte chaque ouvrier aura besoin pour couler ses moules et il s'entend avec les fondeurs pour que tout le produit de leurs cubilots soit employé utilement. — Le contre-maître mouleur doit en outre : 1° surveiller le travail des ouvriers du haut fourneau; 2° jeter un coup d'œil au manomètre de la soufflerie et obliger les fondeurs à le maintenir à la pression voulue; 3° aider à

(1) Une vieille loi qui remonte au siècle dernier et qui n'a pas été abrogée depuis, dit que les fondeurs chargés de la conduite des hauts fourneaux ne peuvent pas abandonner leur travail pendant toute la durée de la campagne commencée, et cela quand bien même ils n'auraient contracté aucun engagement.

former les apprentis mouleurs en leur montrant à disposer leurs modèles, à tracer leurs coulées, etc.; 4° veiller à ce que ceux-ci, comme du reste tous les autres ouvriers mouleurs en figures, ornements, mécanique, poterie, etc., etc., fassent le moins de boccage possible; 5° prendre des mesures pour qu'il n'y ait aucune perte de temps préjudiciable à l'usine, de la part des ouvriers occupés à la journée; 6° travailler aux chantiers qui lui seront assignés, en cas de besogne pressante, et quand, par la mise hors du haut fourneau ou par la suspension du travail des wilkinsons, une partie de sa surveillance deviendrait inutile.

Le contre-maître mouleur sera encore au besoin et en l'absence du commis à la fabrication, chargé du relevé des pièces coulées dans la journée, de la réception de ces mêmes pièces, de la distribution des modèles, toujours en s'entendant avec le directeur de l'usine, comme d'ailleurs pour toutes les attributions déjà désignées. Il soumettra au directeur des travaux, les améliorations qu'il croirait utile d'apporter dans le travail de chaque jour, les projets d'armatures, de châssis, etc., à faire d'après les pièces qu'on aurait à exécuter, les discussions qui pourraient s'élever entre lui et les ouvriers, discussions qui seront réglées par le directeur et soumises au chef de l'usine suivant leur importance.

611. — Le mode des engagements n'est pas le seul mis en œuvre par les grandes usines, pour obtenir de l'ordre et de la régularité dans leurs travaux. — Partout où la fabrication est importante, où les ouvriers sont nombreux, il existe des règlements dont le but est d'établir et de maintenir l'ordre à l'intérieur. Pour éclairer nos lecteurs sur les dispositions à prendre en pareil cas, nous avons extrait de plusieurs règlements à notre connaissance, les articles suivants qui nous ont paru les plus saillants et qui sont pour la plupart applicables à toutes les fonderies.

Articles généraux. — 1° Le présent règlement est fait pour établir et pour maintenir l'ordre dans les usines de..... Afin que chacun des intéressés en ait connaissance complète, il lui en sera remis un exemplaire; ce règlement sera en outre affiché en lieu apparent et communiqué aux autorités administratives et judiciaires.

2° — Les employés de l'usine, chacun en ce qui le concerne, sont chargés de son exécution.

3° — Aucun ouvrier ne sera admis dans les usines, s'il n'est porteur d'un livret en règle. — Cette pièce sera déposée au bureau pour lui être remise à son départ. Le certificat qui y sera inséré indiquera s'il est libre envers l'usine et s'il a satisfait à toutes ses obligations pour nourriture et fournitures de choses de nécessité, comme médicaments, vêtements, etc., etc.

4° — Les ouvriers qui se feraient renvoyer pour torts causés à l'usine par suite de mauvais travail fait avec connaissance de cause ou de soustraction frauduleuse, seront passibles envers l'établissement de dommages et intérêts qui

leur seront retenus sur leur salaire à recevoir, et dont l'excédant, en cas d'insuffisance, sera inscrit sur leur livret à titre de sommes chargées.— Outre les dommages et intérêts qui seront toujours de droit, les chefs de l'établissement se réservent de porter plainte au besoin contre les ouvriers fautifs et de signaler sur leur livret le motif de leur renvoi.

5° — Les contraventions indiquées ci-dessous entraîneront des amendes dont le montant sera ultérieurement fixé, eu égard à la nature des délits. La masse des amendes sera mise en caisse et servira à indemniser en cas de maladie ou d'accidents, les ouvriers sans ressources, apprentis ou à faible salaire.

6° — L'entrée et la circulation dans les fonderies, ateliers et magasins, sont interdites aux femmes des employés et des ouvriers. Il est défendu d'introduire sans permis spécial, des étrangers dans les mêmes lieux.

7° — Le travail des ouvriers à la journée commencera à... heures du matin et finira à... heures du soir, excepté les dimanches et les jours de fêtes conservées par la loi, à moins de cas urgents. Aucun ouvrier ne pourra s'absenter de son atelier pendant le travail, sans une permission expresse du contre-maître ou de l'employé qui le surveille.

8° — Les ouvriers seront tenus de faire marquer jour par jour le temps de leur travail, ainsi que les ouvrages exécutés d'après conventions. Afin que le jour du paiment, il n'y ait pas de discussions possibles, ils pourront vérifier leur compte pendant la semaine qui le précédera avec l'employé chargé de la marque. Toutefois, si au moment du paiement, les ouvriers croient devoir contester le règlement qui leur sera présenté, ils ne pourront reclamer séance tenante, mais ils seront obligés de le faire dans la huitaine pour tout delai, passé lequel temps ils doivent s'en tenir au compte établi et porté au journal.

Articles concernant les ouvriers de la fonderie. — 9° — A défaut d'engagements réguliers qui fixent le temps que les fondeurs, petits-fondeurs et aides au fourneau doivent rester à l'usine, ils ne pourront le quitter pendant la durée du fondage, et ils devront recommencer le suivant pendant deux mois. Si au commencement de ces deux mois, ils ne font déclaration de quitter, ils seront considérés comme engagés pour la durée de ce fondage.

10° — Le fondeur et le petit fondeur devront apporter, chacun en ce qui le concerne, une exactitude rigoureuse dans leur service. Ils ne laisseront jamais le fourneau sans surveillant. Le petit fondeur entrera en tournée immédiatement après la coulée et le fondeur le relèvera pour faire la dernière tournée, afin de préparer la fonte pour la coulée suivante.

11° — Le fondeur tintera la cloche une demi-heure avant la coulée pour avertir tous les mouleurs et ouvriers attachés à la sablerie, de tenir prêts leurs moules et leurs poches. Les petits-fondeurs et chargeurs viendront en ce moment

pour la préparation de la coulée. Le fondeur fera tinter une seconde fois, quand il sera prêt à donner la fonte, pour que personne ne manque à la coulée.

12°—Le fondeur et le petit fondeur sont chargés également chacun dans sa tournée, de surveiller les chargeurs, releveurs de charbons et conducteurs de minerais, pour que la besogne de tous soit faite au moment nécessaire. L'un et l'autre, pendant leur service, doivent aussi assister aux charges du fourneau, à moins d'occupations pressantes qui les empêchent. Le fondeur et le petit-garde, aussi pendant leur tournée, devront faire éveiller par un chargeur, les mouleurs travaillant à leurs pièces, aux heures fixées pour leur travail.

13° — Tout mouleur exécutera pour les époques qui lui seront fixées, les diverses commandes qui lui seront données; quand il y aura de sa faute dans le retard, il lui sera retenu... francs par mille kilogrammes de fonte non prête à rendre. Nul ne devra chercher à cacher les défauts des pièces coulées, sans y être autorisé par les chefs de la fabrication, seuls juges en pareil cas.

14° — Immédiatement après la coulée, chaque mouleur mettra en ordre dans un tas, les pièces en recette, et dans un autre les pièces manquées et rebutées. Il relèvera proprement son sable et il mettra en place ses modèles et ses châssis, jusqu'au moment où il devra reprendre son travail. — Il lui est défendu de casser, sous aucun prétexte, les pièces défectueuses.

15° — Les mouleurs seront responsables jusqu'à usure, des modèles, châssis et outils qui leur seront confiés; ils paieront tout ce qu'ils perdront ou dégraderont par leur faute.

16° — Tout mouleur à ses pièces, est astreint à faire la coulée du matin les dimanches et jours fériés et à se retrouver à celle du lendemain soir. S'il a besoin de s'absenter, il en demandera la permission un jour à l'avance; en cas d'urgence, il la demandera au moment même.

17° — Les heures de travail des mouleurs à leur tâche ne pouvant être fixées bien précisément, ils devront faire en sorte que leurs moules soient prêts au moins une demi-heure avant la coulée.

18° — Au premier coup de la cloche annonçant la coulée, chaque mouleur devra faire sécher la poche dont il se sert pour prendre la fonte; il devra prendre ses précautions pour ne pas renverser la fonte dans le trajet du fourneau à ses moules; il aura toujours un cramoir placé sur ses châssis et son crameur tout prêt, afin que la coulée se fasse avec soin et promptitude.

19° — Un seau sera délivré pour deux mouleurs voisins, et ils devront le remplir d'eau avant la coulée. Lorsqu'il se trouvera de la fonte sur les châssis en bois, le crameur et le mouleur devront l'enlever de suite et s'empresser d'éteindre le feu.

20° — Le garde-magasins est chargé de classer les modèles et châssis, et de les délivrer aux mouleurs d'après les commandes qui leur seront faites et qui

seront inscrites sur un carnet spécial que chacun devra représenter. Il y indiquera les objets qu'il délivrera et il aura soin de les faire rentrer, en signalant aux employés chargés de l'intérieur, ceux que les mouleurs auraient égarés ou détériorés. — Le garde-magasins aidera les mouleurs à porter dans la sablerie, les modèles et châssis, et à les rapporter quand ils ne s'en serviront plus. Il tiendra dans un constant état de propreté le local qui servira de magasin pour les modèles, châssis et autres objets, ainsi que celui destiné aux marchandises fabriquées; le tout y sera classé par espèces et par échantillons.

Articles concernant plus spécialement les ateliers de constructions. — 21° — Dans chaque atelier il y aura un chef ou un contre-maître chargé de distribuer et de surveiller le travail, et aussi de délivrer les outils et les matériaux nécessaires.

22° — Chaque ouvrier recevra un carnet, sur lequel seront inscrits les objets qui lui seront confiés et les distributions de matériaux qui lui seront faites. Pour sa décharge, les outils qu'il rendra ainsi que les ouvrages en recette qu'il remettra, y seront également constatés. Il ne pourra travailler à des pièces qui ne lui auront pas été commandées, et le temps qu'il aura passé à un travail fait de cette manière ne lui sera pas compté.

23° — Lors des inspections d'outils et de matériaux qui seront faites par les chefs de l'usine, les ouvriers devront tout disposer d'une manière convenable pour faciliter les opérations auxquelles ils assisteront pour donner tous les renseignements dont il sera besoin.

24° — Les ateliers seront fermés pendant les heures de repos par les soins des contre-maîtres qui seront tenus de faire remettre en ordre à la fin de chaque journée, les outils et les matériaux dont les ouvriers auront fait usage.

25° — L'entrée d'un ouvrier d'un atelier dans un autre atelier est expressément interdite. Il est défendu de chanter, crier et siffler dans les ateliers, ou d'y déranger quelqu'un de son ouvrage. L'ouvrier qui se rendra à son chantier en état d'ivresse ne sera pas admis à travailler et sera puni d'une amende, indépendamment de la perte de sa journée.

Outre ces différents articles que nous nous contenterons de citer, les règlements des grandes usines contiennent encore des articles spéciaux concernant la salubrité des ateliers et des cours, l'hygiène et la police des logements, des dortoirs, des salles d'écoles et des chambres à fours, les caisses d'épargnes offertes aux ouvriers laborieux et économes, etc., etc.

612. — Quand ces dernières parties des règlements sont bien entendues, elles font honneur à la sagacité et à la philanthropie des chefs d'usines. Grâce à elles, la position des ouvriers s'améliore, les relations entre les employés et leurs subordonnés deviennent plus faciles et la direction du travail y gagne toujours. De tous les ouvriers des nombreuses usines qui couvrent la France aujourd'hui, les ouvriers des fonderies sont peut-être ceux qui ont le plus besoin de règlements

bien établis; la nature de leurs travaux ne leur permet pas comme dans les filatures ou dans les ateliers de tissage, une communauté qui ne peut qu'être profitable à tous, lorsqu'elle est conduite par l'œil habile du chef; vivant pour ainsi dire isolément et occupés à un travail pénible, soumis dans les hauts fourneaux à une besogne de nuit qui altère quelquefois leur santé et qui nuit toujours au développement de leur intelligence, les sableurs demandent à être rapprochés par des instructions morales bien comprises et par une direction paternelle et bienveillante, mais cependant non dépourvue d'une certaine sévérité pour toutes les choses d'ordre et d'entretien sur lesquelles repose la prospérité des établissements.

613. — La comptabilité des fonderies est comme les règlements et comme d'ailleurs toutes les choses dont nous avons parlé depuis le commencement de ce chapitre, entièrement subordonnée à l'importance de ces usines.

Nous ne nous occuperons pas de la partie commerciale qui constitue la tenue des livres proprement dite et qui est disposée en parties doubles, comme elle doit l'être dans toutes les maisons où l'on vend et où l'on achète des matières. Nous examinerons seulement la comptabilité d'intérieur dont l'ensemble sert à procurer au teneur de livres, tous les renseignements dont il a besoin pour passer ses écritures et dont le détail pourra compléter utilement nos données sur l'administration des fonderies.

Outre les livres de roulement des hauts fourneaux et des wilkinsons dont nous avons parlé (238 et 233) et le livre servant à enregistrer jour par jour le résultat des coulées, lequel sert à la fois de canevas et de complément aux premiers, les fonderies ont encore :

Un livre servant à constater les quantités de pièces reçues aux ouvriers mouleurs travaillant à leur tâche et à établir ainsi leur compte, d'après les prix de fabrication qui leur sont alloués.

Un livre de comptes aux ouvriers, servant à porter à leur avoir les placements qu'ils font à l'usine et à leur débit les avances qui leur sont faites.

Un livre pour l'enregistrement des journées d'ouvriers et des travaux marchandés. — Un autre indiquant toutes les livraisons faites mensuellement par les fournisseurs ordinaires de l'usine. L'entrée des charbons et celle des minerais sont constatées sur des livres séparés dans les usines où la dépense de ces matériaux est importante et a besoin d'être suivie de tout près.

Tous ces livres se résument à la fin de chaque mois en un tableau général qui est le journal de l'usine, et c'est d'après ce journal qui représente fidèlement toutes les opérations de l'usine pendant le mois, c'est-à-dire toutes les dépenses et tous les produits, qu'est établie la feuille de paiement et que sont passées toutes les écritures qui se rattachent à la fabrication. Quand le journal est tenu avec soin, le propriétaire de la fonderie peut avoir tous les mois, une idée sinon com-

plète, du moins très approximative de sa position. — Avec les données du journal il lui est facile de dresser un inventaire dont l'exactitude est d'autant plus grande que les opérations ont été bien faites, en formant un tableau synoptique établissant l'entrée et la sortie des matières, l'augmentation ou la diminution du matériel, etc., dans le courant du mois.

614. — A ces divers registres qui concernent principalement le travail de la fabrication, il convient de joindre :

Un livre pour l'inscription des commandes et un livre d'expéditions, ce dernier servant de complément au premier en indiquant les progrès des livraisons, les lieux de destination première quand les marchandises passent par les mains des commissionnaires, les noms des volturiers chargés des transports, le prix de ces transports, etc., etc. Le livre d'expéditions exige les plus grands soins et la plus grande exactitude, car c'est d'après lui que sont dressées les factures dont l'ensemble doit reproduire sans erreurs aucunes, celui des lettres de voitures.— Chacun des employés de l'intérieur est chargé des livres qui rentrent dans sa spécialité, c'est à lui à les tenir avec toute l'attention qu'ils exigent, à n'omettre aucuns des détails si nombreux et si nécessaires que présente une grande fonderie, enfin à faire des vérifications fréquentes, afin d'éviter les erreurs qui passant inaperçues d'abord, jettent plus tard le désordre et la complication dans les écritures.

615. — Si les deux tableaux qui terminent cet ouvrage n'avaient d'autre but que celui de donner des indications de prix, nous pourrions sans scrupules, nous dispenser de les livrer à l'imprimeur. Les prix des matières sont en effet, on ne peut plus variables, suivant les cours adoptés par le commerce, suivant l'importance des achats et suivant les localités; il en est de même des prix des fontes moulées, puisque ces prix dépendent eux-mêmes de ceux des matières et de la position des fonderies. Au reste, depuis plusieurs années, les articles en fonte ont subi une baisse progressive qui ne s'est pas encore arrêtée et qui les a amenés cependant à un taux qui, s'il n'est encore arrivé au point le plus bas où il doit descendre, entraînera comme nous l'avons déjà fait pressentir (520), la ruine des établissements les plus désavantageusement placés. Toutefois, on pourra d'après le deuxième tableau, se faire une idée assez exacte du prix des fontes moulées, si l'on veut examiner que nous avons eu soin de ramener ces prix aux conditions de la vente actuelle à Paris où la plupart des hauts fourneaux trouvent aujourd'hui leurs débouchés les plus actifs. Enfin, il nous reste à dire, que ces deux tableaux, s'ils n'offrent pas beaucoup d'intérêt comme renseignements sur la valeur des objets, achèveront utilement ce chapitre, en rappelant à la mémoire les principales matières qu'emploient habituellement les fondeurs et en donnant un spécimen des nombreux objets qui sont fabriqués aujourd'hui en fonte de fer.

616. — **Tableau indiquant la valeur approximative de quelques-unes des principales matières à l'usage des fonderies (1).**

MÉTAUX.

	les °/o kilos.
Fonte anglaise.	22 à 23 fr.
Fonte en saumons des hauts fourneaux français. . . .	16 à 18
Vieille fonte en bocages . . .	14 à 16
Cuivre rouge en saumons. .	220 à 250
Cuivre rouge en mitraille. .	180 à 200
Cuivre jaune en mitraille. .	70 à 86
Zinc en plaques.	45 à 50
Id. en débris	35 à 45
Étain Banca.	180 à 200
Plomb en saumons.	75 à 80
Acier ordinaire.	200 à 250
Acier fondu (anglais). . . .	400 à 450
Limes d'Allemagne.	200 à 240
Limes anglaises.	275 à 290
Fers laminés (1re classe). . .	45 à 48
Idem (2e classe). . .	50 à 55
Idem (3e classe . . .	55 à 60
Idem (4e classe. . . .	60 à 65
Tôle pour le séchage des moules, etc., etc.	75 à 80
Tôle fine pour lanternes et supports	80 à 85
Fil de fer, n° 18 et 20. . . .	86 à 90
Fil de fer, n° 7 et 8.	65 à 70

BOIS.

Noyer.	le stère	100 à 105
Sapin en madriers.	*id.*	45 à 50
Sapin en poutres. .	*id.*	40 à 45
Chêne *id.*	*id.*	70 à 75
Chêne du Nord. . .	*id.*	90 à 105
Orme en madriers .	*id.*	50 à 55
Fresne *id.*	*id.*	60 à 70
Cormier en poutres .	*id.*	60 à 65
Poirier.	*id.*	55 à 60
Hêtre en grume . .	*id.*	45 à 50
Charme en madriers	*id.*	55 à 60

COMBUSTIBLES.

Charbon de bois (l'hect.).	1 f. » c. à 2 f. 50 c.
Coke (l'hectolitre pesant environ 40 kilos). . .	2 50 à 2 80
Houille de Saint Étienne.	45 à 50 f. les °/oo kil.
Id. de Mons.	48 à 50 *id.*
Id. d'Angleterre. . . .	35 à 40 *id.*
Tourbe (l'hectolitre) . .	1 à 1 50 c.
Bois de chauffage (le stère).	12 à 15 f.

ARTICLES DIVERS.

Sables et minerais (*très-variables suivant les localités*).

Creusets de mine de plomb (les 100 points). . . .	10 f. » c. à 15 f. » c.
Creusets de Picardie (à la pièce, suivant les grandeurs).	0 20 à 0 75
Tamis n° 30 (la pièce).	7 50 à 8 »
Id. 50 *id.*	8 » à 9 »
Id. 60 et 80 *id.*	9 » à 10 »
Id. 4, 8 et 12 *id.*	7 » à 7 50
Tamis en soie *id.*	6 » à 7 »
Briques réfractaires (les °/oo kilos).	45 f. » c. à 50 f. » c.
Briques ordinaires dures (le mille)	40 » à 45 »
Briques pour le moulage (le mille).	30 » à 35 »
Colle anglaise (le kilog.).	2 » à 2 20
Colle de Cologne *id.*	2 25 à 2 60
Cire jaune *id.*	3 50 à 4 »
Sel ammoniac *id.*	2 50 à 2 80
Mine de plomb *id.*	0 60 à 0 65
Emeri en grains *id.*	0 80 à 0 90
Emeri en poudre *id.*	0 90 à 1 »
Soufre en canon *id.*	0 55 à 0 60
Céruse et minium (en poudre) (le kilog.). .	0 90 à 1 20

(1) On pourrait à la rigueur examiner ces évaluations comme un terme moyen pris entre les cours de trois centres industriels assez éloignés les uns des autres, savoir : Paris, Nantes et Nancy, cette dernière ville étant considérée comme lieu d'approvisionnement d'un grand nombre de hauts fourneaux des environs. C'est du reste, d'après des prix courants recueillis dans ces trois localités que nous avons obtenu les chiffres de ce tableau.

Céruse et minium (broyés) (le kilog.)	1 f.	» c.	à	1 f.	50 c.
Litharge (le kilog.)	1	»	à	1	20
Pointes, n° 20 et au-dessus (le kilog.)	0	90	à	0	95
Résine. (le kilog.)	0	20	à	0	30
Potasse *id.*	1	40	à	1	60
Plâtre en poudre *id.*	0	08	à	0	10
Vieux câbles. *id.*	0	10	à	0	20
Huile de pied de bœuf *id.*	2	»	à	2	25
Huile de baleine. *id.*	1	40	à	1	60
Huile de lin. *id.*	1	26	à	1	25
Essence de térébenthine (le litre)	1 f.	» c.	à	1 f.	20 c.
Acide nitrique (le litre)	1	20	à	1	30
Vis à bois (en fer) le cent.	1	50	à	1	60
Papier verré (les 100 feuilles)	8	»	à	10	»
Mannes en osier (la dizaine)	3	50	à	4	»
Balais. (la dizaine)	2	»	à	2	50
Savon noir.	0	90	à	1	»
Noir de fumée (le kilog.)	0	60	à	0	63
Appâture de chanvre *id.*	0	65	à	0	70

617. — Tarif de divers articles en fonte de fer, avec une moyenne des prix de moulage et d'ébarbage accordés dans les hauts fourneaux aux ouvriers qui travaillent à leur tâche.

DÉSIGNATION DES OBJETS.	PRIX DE VENTE.	PRIX DE MOULAGE.	PRIX D'ÉBARBAGE le rapage compris.
ORNEMENTS.	les mille kilog.	les mille kilog.	les mille kilog.
Balcons légers.	450 à 500 fr.	50 à 60 fr.	6 à 8 fr.
Idem lourds.	300 à 350	30 à 35	3 à 4
Barres d'appui.	450 à 500	50 à 60	6 à 8
Panneaux de portes.	400 à 450	50 à 60	5 à 6
Dessus de portes	400 à 450	50 à 60	5 à 6
Balustres méplats	450 à 500	45 à 50	6 à 8
Consoles d'appuis de croisées	400 à 450	45 à 50	5 à 6
Appliques.	500 à 550	50 à 60	5 à 6
Palmettes et rosaces	600 à 700	60 à 70	10 à 12
Marteaux et tirants de portes.	800 à 1000	80 à 100	à la journée.
Garnitures de rampes avec fuseaux	450 à 500	40 à 45	5 à 6
Idem sans fuseaux.	600 à 800	80 à 100	10 à 12
Pilastres de rampes.	600 à 800	70 à 80	à la journée.
Marches d'escaliers.	350 à 400	30 à 35	3 à 5
idem (très-ornées).	700 à 800	60 à 70	6 à 8
Pommes de pins.	700 à 800	80 à 100	10 à 12
Lances et fleurons.	500 à 600	50 à 60	6 à 8
Chasse-roues ornés.	350 à 400	25 à 30	2 à 3.
Idem simples.	280 à 300	20 à 25	2 à 3
Colonnes pleines.	250 à 300	12 à 15	1 f. 50 c. à 2 f.
Idem creuses.	350 à 450	25 à 30	2 à 3 f.
Candelabres pour le gaz.	300 à 500	25 à 50	3 à 6
Consoles *idem*.	300 à 350	15 à 20	3 à 4.
Mascarons et jettoirs p.r fontaines.	500 à 600	45 à 50	à la journée.
Bornes-fontaines.	300 à 450	30 à 35	3 à 6

DÉSIGNATION DES OBJETS.	PRIX DE VENTE.	PRIX DE MOULAGE.	PRIX D'ÉBARBAGE le rapage compris.
ORNEMENTS.	les mille kilog.	les mille kilog.	les mille kilog.
Bornes de places publiques.	300 à 350 fr.	25 à 30 fr.	1 f. 50 c. à 2 f.
Vasques et bassins pour fontaines.	350 à 400	25 à 30	2 à 3 f.
Idem idem très-ornés.	500 à 800	35 à 40	2 à 3
Porte-parapluie.	500 à 600	50 à 60	10 à 12
Porte-pelles et pincettes.	500 à 600	50 à 60	10 à 12
Porte-manteaux.	500 à 600	50 à 60	10 à 12
Gratte-pieds ornés.	400 à 500	40 à 50	5 à 6
Pieds de tables.	400 à 500	40 à 50	5 à 6
Grilles gratte-pieds	250 à 300	12 à 15	2 à 3
Statues, groupes et animaux.	selon les modèles	selon les modèles	selon les modèles
Statuettes et bustes.	*idem.*	*idem.*	*idem.*
Bancs et fauteuils de jardins.	450 à 500 fr.	30 à 35 fr.	3 à 5 f.
Chaises et tabourets.	500 à 600	35 à 45	4 à 6
Frises pour serres et pavillons.	700 à 800	70 à 80	12 à 15
Caisses à fleurs.	350 à 500	25 à 40	3 à 8
Vases *Médicis*	325 à 380	25 à 35	2 f. 50 c. à 3 f.
Rouleaux de jardins.	300 à 350	20 à 25	1 50 à 2
Ornements pour entourages de tombeaux	500 à 700	50 à 60	6 à 8 f.
Croix	500 à 700	50 à 60	6 à 8
Bénitiers.	600 à 800	à la pièce.	à la journée.
Flambeaux d'église	600 à 800	*idem.*	*idem.*
Anges et Christ.	selon les modèles	*idem.*	*idem.*
Appuis de communion.	500 à 700 fr.	50 à 60	6 à 8 f.
OBJETS DE MÉNAGE ET DE BATIMENTS.	»	»	»
Casseroles et coquelles.	300 à 320 fr.	40 à 45	3 à 4
Marmites	» à »	» à »	» à »
Daubières.	» à »	» à »	» à »
Tourtières.	» à »	» à »	» à »
Tartières	» à »	» à »	» à »
Chaudrons.	» à »	» à »	» à »
Poëles sur tous modèles	280 à 300	30 à 40	3 à 4
Réchauds carrés et poissonnières.	250 à 280	20 à 25	3 à 4
Plaques, tuyaux, etc. de cheminées économiques.	260 à 300	25 à 30	3 à 4
Foyers mobiles	320 à 380	30 à 35	3 à 4
Grilles rondes et carrées.	250 à 300	24 à 30	3 à 4
Grilles à brûler la houille.	350 à 450	35 à 50	4 à 6
Chenets à colonnes.	280 à 300	30 à 40	3 à 4
Chenets à figures	300 à 320	40 à 45	3 à 4
Chenets Rumfort	300 à 320	40 à 45	3 à 4

DÉSIGNATION DES OBJETS.	PRIX DE VENTE.	PRIX DE MOULAGE.	PRIX D'ÉBARBAGE le rapage compris.
OBJETS DE MÉNAGE ET DE BATIMENTS.	les mille kilog.	les mille kilog.	les mille kilog.
Coquilles à rôtir	280 à 320 f.	30 à 40 f.	3 à 4 f.
Gaufriers	350 à 400	40 à 45	3 à 4
Chaudières à lessive	300 à 350	30 à 35	2 à 3
Fers à repasser (non polis)	400 à 500	40 à 50	3 à 4
Plaques de cheminées	180 à 210	8 à 10	rien
Foyers	180 à 210	8 à 10	»
Jambettes d'éviers	260 à 280	20 à 25	2 à 2 f. 50 c.
Grilles-ventouses	500 à 600	50 à 60	10 à 15 f.
Cuvettes inodores	320 à 400	30 à 40	3 à 4
Tuyaux de descente	250 à 270	18 à 25	1 f. 50 c. à 2 f.
Cuvettes et assortiments pour dº (pris seuls)	270 à 300	20 à 25	1 50 à 2
PIÈCES DE MACHINES ET DE FABRIQUES.	»	»	»
Pièces de mécanique au-dessous de 2 kilos	600 à 700	60 à 70	12 à 15 f.
Idem de 2 à 5 kilos	500 à 600	50 à 55	8 à 10
Idem de 5 à 10 kilos	400 à 500	40 à 50	6 à 8
Idem de 10 à 100 kilos	350 à 450	30 à 35	4 à 6
Idem au-dessus de 100 kilos	350 à 400	25 à 30	2 f. 50 c. à 4 f.
Pièces de forges anglaises	280 à 300	18 à 25	2 à 3 f.
Cylindres de laminoirs (fonte douce)	280 à 300	15 à 20	1 f. 50 c. à 2 f.
Idem (coulés en coquilles)	300 à 350	12 à 15	1 50 à 2
Cylindres d'huileries	300 à 350	25 à 30	2 à 3 f.
Cornues pour le gaz	280 à 320	20 à 25	2 à 3
Cylindres creux pour la soude	260 à 300	15 à 20	2 à 3
Cornues pour les produits chimiques	280 à 350	20 à 25	2 à 3
Cannes à distiller	280 à 350	20 à 25	2 à 3
Pots pour le noir animal	250 à 270	18 à 20	2 f. 50 c. à 2 f.
Chaudières de fabriques	300 à 350	20 à 25	2 à 3 f.
Idem à recuire le fil de fer	280 à 300	15 à 18	2 à 3
Contre-poids en fonte blanche	230 à 260	12 à 15	2 à 3
Barreaux de grilles *idem*	230 à 260	12 à 15	2 à 3
OBJETS DIVERS.	»	»	»
Tuyaux de conduite d'eau et de gaz	210 à 290	18 à 20	2 à 3
Gros syphons pour les canaux	250 à 350	18 à 20	1 à 2
Châssis de chemins de fer	240 à 260	12 à 15	2 à 3

DÉSIGNATION DES OBJETS.	PRIX DE VENTE.	PRIX DE MOULAGE.	PRIX D'ÉBARBAGE. le rapage compris.
ORNEMENTS.	les mille kilos.	les mille kilos.	les mille kilos.
Châssis et vitraux de couches. .	300 à 350 f.	35 à 40 f.	2 à 3 f.
Poids à peser de 10 et de 20 kilos.	230 à 250	10 à 12	1 f. 50 c. à 2 f.
idem de 5, de 2 et de 1 kilog.	250 à 300	15 à 20	2 à 3 f.
idem au-dessous de 1 kilog.	300 à 350	20 à 30	3 à 4
Boîtes de roues au-dessous de 5 ki.	350 à 400	20 à 25	2 à 3
idem au-dessus de 6 kilog.	280 à 320	18 à 20	2 à 3
Sabots de voitures.	280 à 300	18 à 20	2 à 3
Enclumes.	250 à 300	12 à 15	1 f. 50 c. à 2 f.
Tuyères de forges	280 à 350	15 à 18	2 à 3 f.
Poulies légères	350 à 400	35 à 40	6 à 8
idem lourdes.	300 à 350	25 à 30	4 à 6
Chenaux pour toitures.	260 à 300	18 à 20	2 à 3
Pompes de jardins.	300 à 350	30 à 35	2 à 3
idem très-ornées. . .	500 à 700	50 à 60	6 à 8
Grilles et trappes d'égouts. . . .	230 à 260	12 à 15	2 à 3
Poids d'horloges.	230 à 260	12 à 18	2 à 3
Mortiers sur modèles.	280 à 300	15 à 20	2 à 3
idem au trousseau.	350 à 400	25 à 30	2 à 3
Versoirs de charrues.	300 à 350	20 à 25	2 à 3

Tous les prix des objets ci-dessus sont indiqués comme prix de fontes provenant des hauts fourneaux, mais il est certaines pièces parmi celles que nous avons désignées qui exigent rigoureusement des fontes de 2e fusion et de très-bonne qualité, on les vend alors 50, 60 et quelquefois 100 fr. de plus par mille kilogrammes.

TABLE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

Deuxième Partie.

FIN DE LA TABLE.

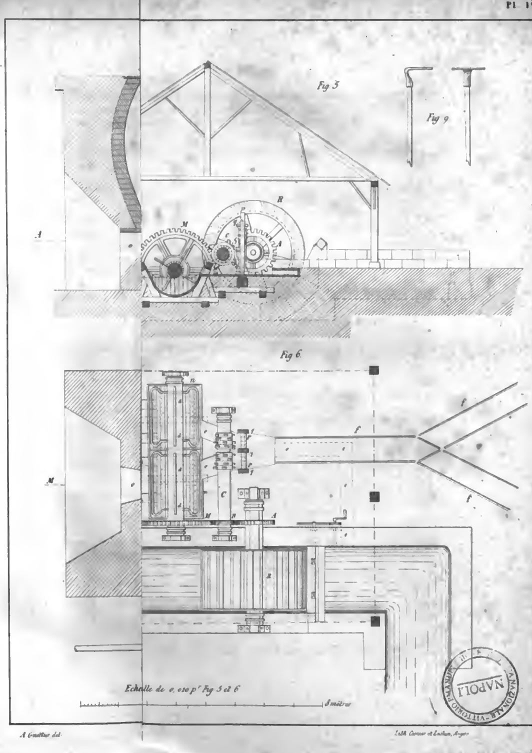
NOTES OMISES DANS LE COURS DE L'OUVRAGE.

—

§ 306. — Il va sans dire que cette influence est d'autant plus nuisible que les morceaux de mauvais coke sont plus nombreux et que la quantité de métal à liquéfier est moins considérable.

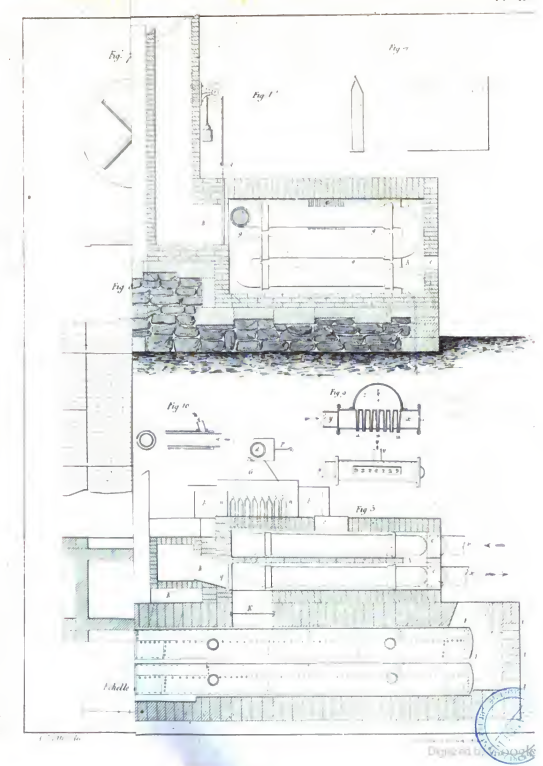
§ 308. — Il est quelquefois convenable de monter sur pointes les croisillons des ventilateurs. Ce moyen qui permet d'éviter les frottements, n'offre cependant pas autant de régularité que les coussinets.

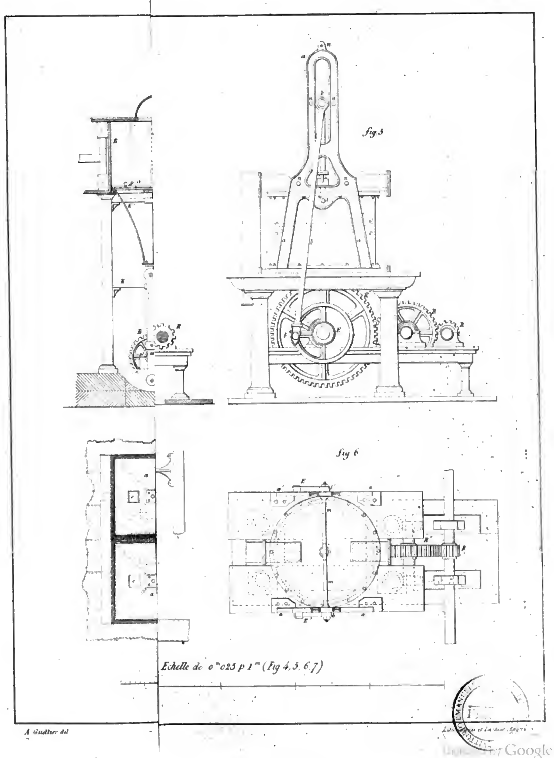
§ 591-592. — Il est admis généralement que le diamètre du cerveau n'étant que la moitié de celui de la cloche sonnera l'octave au-dessus de celle des bords. — Ainsi donc, si deux cloches sont données, le diamètre de l'une étant égal au diamètre du cerveau de l'autre, la première sonnera l'octave de la seconde. On a du reste, fait l'observation que d'octaves en octaves les battements diminuent successivement de moitié, le volume des cloches augmentant du double en diamètre, hauteur et épaisseur et par conséquent en poids, au fur et à mesure qu'elles descendent par octave.



A. Guettier del.

Lith. Cosnier et Lachèse, Angers

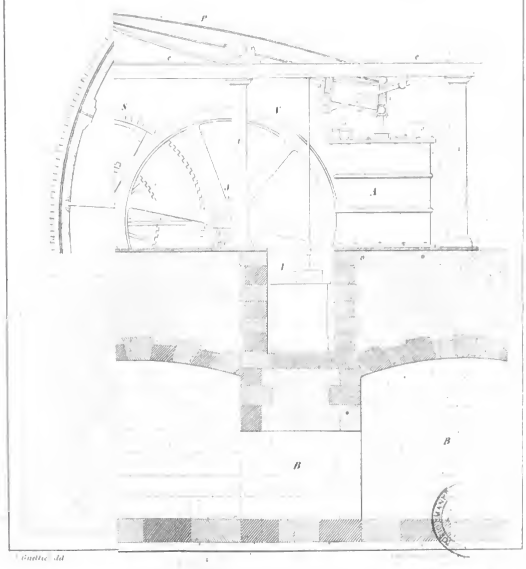

Fig. 7
Fig. 1
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 5
Echelle


fig. 5
fig. 6
Echelle de 0m 025 p 1m (Fig 4, 5, 6, 7)
A. Gualtier del.



... générale d'une Soufflerie.

... mue par une roue hydraulique
... par une Machine à Vapeur



Guettier del.

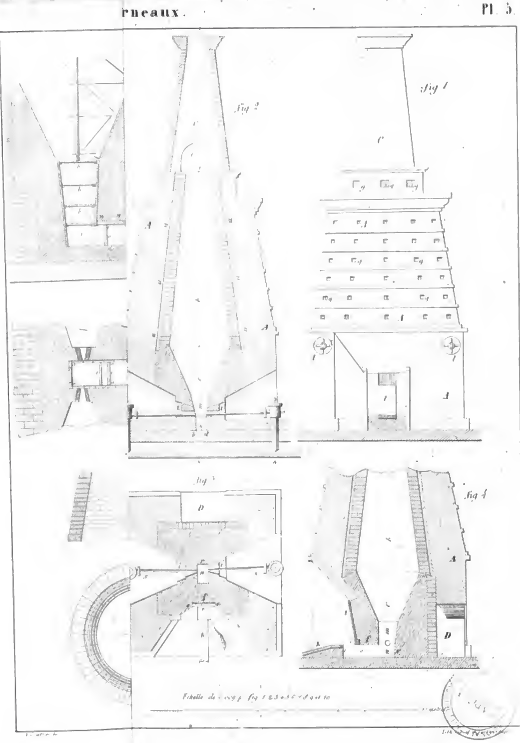

fig 1
fig 2
fig 3
fig 4
C
A
D
Echelle de ... fig 1 2 3 ...

Fig 22
Fig 25.
Fig 24
Fig 26.
Fig 16
Fig 1
Fig 18
Fig 2
Fig 3
Fig 4
Echelle de o,
Echelle de 0,013 p.m. fig. 24, 25 et 26
6 mètres

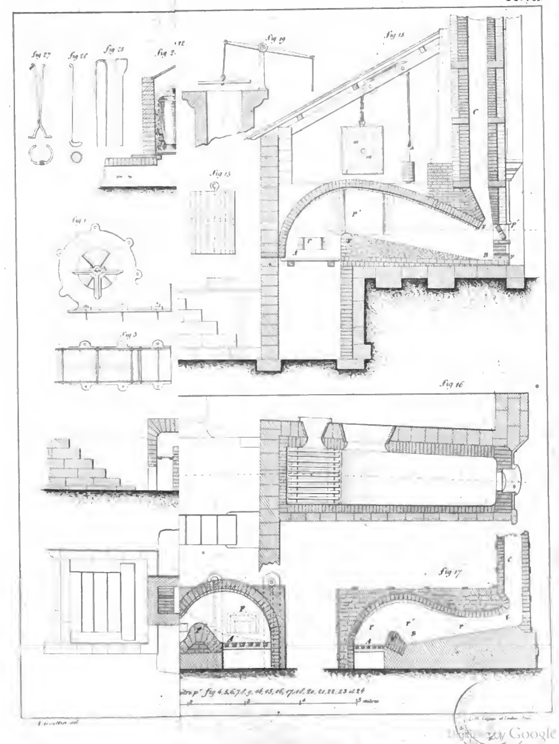

fig 27
fig 26
fig 25
fig 19
fig 18
fig 15
fig 1
fig 3
fig 16
fig 17
fig 4, 5, 6, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23 et 24

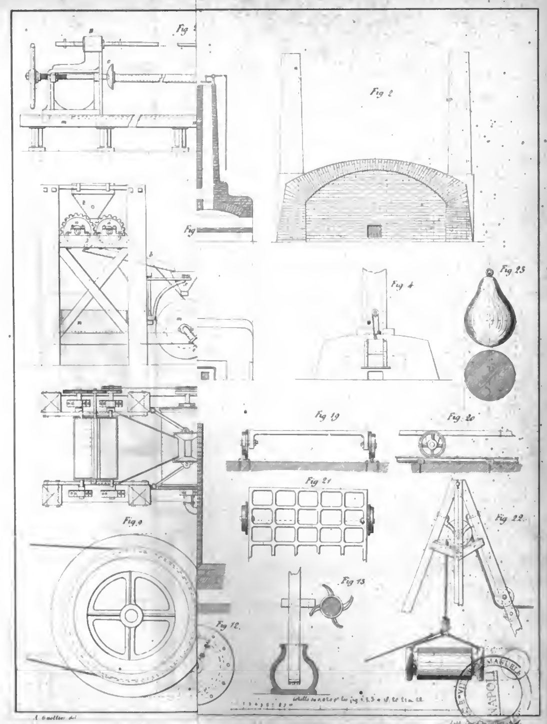
Fig 3.

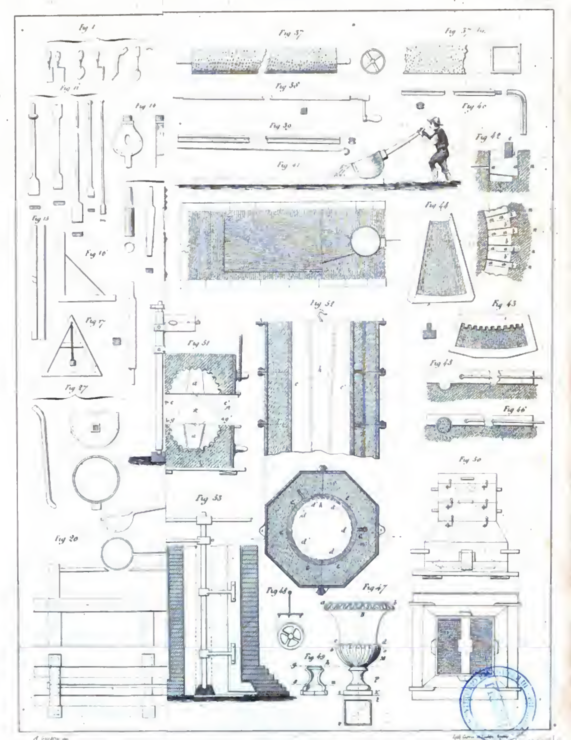
Fig 8

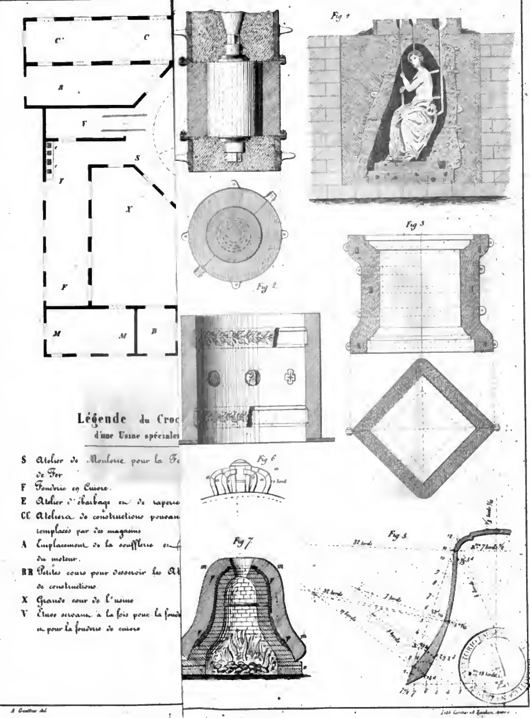
Fig 4

Fig 9

Fig 10


Fig 2
Fig 4
Fig 23
Fig 19
Fig 20
Fig 21
Fig 22
Fig 13
Fig 12
Fig 9




Fig 1
Fig 2
Fig 3
Fig 5
Fig 6
Fig 7
Légende du Croq
d'une Usine spécialer
S Atelier de Moulerie pour la F
de Fer
F Fonderie en Cuivre.
E Atelier d'ébarbage et de raperie
CC Ateliers de constructions pouvan
remplacés par des magasins
A Emplacement de la soufflerie et
du moteur.
RR Petites cours pour desservir les At
de constructions
X Grande cour de l'usine
V Etuve servant à la fois pour la fond
et pour la fonderie de cuivre

